

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC**

**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**MARINA BRINO RABELLO**

**PROPOSTA DE UM PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS  
PARA O LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE DE UMA INDÚSTRIA  
PRODUTORA DE SILICATO DE SÓDIO**

**CRICIÚMA**

**2014**

**MARINA BRINO RABELLO**

**PROPOSTA DE UM PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS  
PARA O LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE DE UMA INDÚSTRIA  
PRODUTORA DE SILICATO DE SÓDIO**

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenharia Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientadora: Prof (a) Msc. Nadja Zim Alexandre

**CRICIÚMA**

**2014**

**MARINA BRINO RABELLO**

**PROPOSTA DE UM PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS  
PARA O LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE DE UMA INDÚSTRIA  
PRODUTORA DE SILICATO DE SÓDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenharia Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Tratamento e Destino Final de Resíduos Sólidos.

Criciúma, 25 de junho de 2014.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. (a) Nadja Zim Alexandre – Mestre – (UNESC) – Orientadora

Prof. (a) Marta Valéria de Souza Guimarães Hoffmann – Mestre – (UNESC)

Prof. (a) Claudia Peluso Martins – Engenheira – (UNESC)

**Dedico este trabalho aos meus pais, meus anjos e mestres aqui na Terra; e ao meu namorado e melhor amigo, que não mede esforços para alegrar meus dias e me motivar em todos os momentos.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, por me permitir concluir o curso com êxito apesar dos contratempos do dia-a-dia; por ter me acalmado nos momentos de ansiedade; por ter me confortado nos momentos de agonia; por ter me guiado nos momentos de indecisão;

Aos meus pais, Alcionir e Regina, que em nenhum momento duvidaram da minha capacidade e sempre me incentivaram a persistir no que se acredita, com fé, amor, honestidade e gratidão. Amo vocês incondicionalmente;

À todos os meu familiares, pelo apoio constante durante estes cinco anos de graduação e vinte e três anos de vida, mantendo sempre vivo o verdadeiro significado da união e felicidade;

Ao meu namorado, Victor, que está ao meu lado na maior parte desta caminhada, incentivando meus ideais, compartilhando sonhos, alegrando meus dias e fazendo de mim uma pessoa cada dia melhor;

À todos os colegas de trabalho, por terem contribuído na minha bagagem pessoal e profissional. Obrigada pela oportunidade, paciência e ensinamentos repassados;

À minha orientadora, Nadja Zim Alexandre, que com sua calma, convicção e dedicação, me permitiu concluir o TCC e ter momentos de conforto durante as tensões desta reta final;

À minha supervisora de campo, Daiani Damiani Paganini, que mesmo em pouco tempo de convívio, me auxiliou em todos os momentos, repassando seu conhecimento e experiências profissionais;

À banca examinadora, Prof.<sup>a</sup> Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffmann e Prof.<sup>a</sup> Claudia Peluso Martins, por terem aceito o convite prontamente;

À todos os meus amigos e colegas de curso, que foram parceiros e incentivadores nesta caminhada, em especial à Nicole Chini Colonetti, Monike Dalmagro Demarch, Antônio Adílio e Paula Tramontim, e à todos da Empresa Júnior de Engenharia e Consultoria Ambiental – ECO Jr., uma escola de ensinamentos e valores pra vida, a qual tive a honra de fazer parte;

E a todos que estiveram ao meu lado, contribuindo direta ou indiretamente para a concretização de mais um sonho. Obrigada por tudo, amo cada um de vocês!

**“Um dia aprendi que sonhos existem para tornar-se realidade. E, desde aquele dia, já não durmo pra descansar. Simplesmente durmo pra sonhar.”**

**Walt Disney**

**“O saber a gente aprende com os mestres e com os livros. A sabedoria, se aprende é com a vida e com os humildes.”**

**Cora Coralina**

## RESUMO

O gerenciamento de resíduos químicos tem como objetivo, assegurar que todos os materiais residuais gerados por uma atividade produtiva, sejam manejados de forma adequada e segura, desde a sua geração até sua disposição final. A área de estudo do presente trabalho, limita-se ao Laboratório de Controle de Qualidade de uma indústria produtora de silicato de sódio, onde o gerenciamento de seus resíduos químicos é inexistente. Como forma de propor um Plano de Gerenciamento dos Resíduos Químicos – PGRQ para o setor da empresa, foi preciso realizar um diagnóstico detalhado sobre as atividades, e com base nos dados obtidos, desenvolver as linhas de trabalho da proposta. No diagnóstico, foi possível observar a existência de duas vertentes, no que diz respeito a geração de resíduos, sendo a primeira referente as atividades rotineiras do Laboratório (análises da relação  $\text{SiO}_2\text{:Na}_2\text{O}$  para os silicatos líquidos, e determinação da % de sódio para a matéria-prima carbonato de sódio) e a segunda, às atividades não rotineiras (análises rejeitadas na formulação de novos aditivos e produtos para o ramo cerâmico), feitas conforme solicitação do setor de Desenvolvimento da empresa. As etapas apresentadas na metodologia foram aplicadas separada ou concomitantemente à estas duas vertentes. Para a primeira, decidiu-se seguir a linha de reaproveitamento, onde análises de pH, cálcio, sólidos dissolvidos totais, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais e sólidos totais foram realizadas para analisar a viabilidade de reuso no processo produtivo. De forma prática, foram aplicados testes de simulação da “panela de pressão”, onde amostras de silicato vítreo foram submetidas a dissolução, primeiramente em água tratada, e posteriormente em porcentagens de efluente composto, gerando duas amostras para comparação final. Concluiu-se, com base nos resultados obtidos, que mesmo com 80% de efluente composto é possível dissolver o silicato vítreo e manter as condições de qualidade previstas para o produto pretendido, não necessitando de nenhum tratamento prévio para tal. Já os resíduos da segunda vertente seguiram a linha de segregação, acondicionamento, coleta e armazenamento interno, visto que sua geração é variada em grau de composição, quantidade e periodicidade, inviabilizando assim o seu reaproveitamento interno. Para o direcionamento adotado, sugeriram-se classes de segregação, embalagens adequadas para acondicionamento, local de armazenamento interno e fins de destinação final. De modo geral, a proposta contemplou as etapas de um gerenciamento de resíduos, seguindo os níveis hierárquicos de priorização e atingiu os objetivos definidos, indicando soluções aplicáveis técnica e economicamente para a área em estudo, de forma a envolver os funcionários da empresa à boas práticas e novos hábitos.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de resíduos químicos. Resíduos químicos. Reúso. Silicato de sódio.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Escala de prioridades adaptada, no gerenciamento de resíduos – Bendassolli ([2011]) e Jardim (1998).....	27
Figura 2 – Estratégias de minimização de resíduos químicos .....	31
Figura 3 – a) Amostra de silicato de sódio vítreo; e b) Amostra de silicato de sódio líquido.....	40
Figura 4 – Fluxograma contendo as etapas do processo de produção do silicato de sódio.....	40
Figura 5 – Diagrama de <i>Hommel</i> .....	47
Figura 6 – a) Amostra de silicato de sódio vítreo; e b) Parte do silicato de sódio dissolvido, em experimento de simulação da autoclave.....	51
Figura 7 – Amostra final do silicato de sódio dissolvido em teste simulação da autoclave .....	51
Figura 8 – Fluxograma do processo das análises de silicato de sódio vítreo e líquido – produto nas fases final e de produção .....	54
Figura 9 – Fluxograma do processo das análises de matéria-prima – quartzo, carbonato de sódio, poliacrilato e outros.....	55
Figura 10 – Fluxograma do processo de formulação de novos aditivos e produtos para o ramo cerâmico – solicitado pelo setor de Desenvolvimento da empresa.....	56
Figura 11 – Bombona de armazenamento dos passivos ambientais – erros de formulação nas análises “testes” e sem identificação .....	59
Figura 12 – a) Resinas com validade ultrapassada; e b) Silicones com validade ultrapassada – passivos ambientais.....	60
Figura 13 – Canaleta situada no interior do Laboratório de Controle de Qualidade – responsável por coletar o efluente das quatro pias, e lavagem do piso do setor .....	63
Figura 14 – Sistema de armazenamento do efluente oriundo do Laboratório de Controle de Qualidade a) Reservatórios; e b) Chicanas, responsável pelo repasse do efluente ao terceiro reservatório de armazenamento .....	64
Figura 15 – Gráfico com a variação de pH do efluente composto, entre os dias 10 de março à 16 de abril de 2014.....	65
Figura 16 – a) Amostra 01 – silicato vítreo dissolvido em água tratada, e em 5% de efluente composto, respectivamente; e b) Amostra 02 – silicato vítreo dissolvido em água tratada, e em 10% de efluente composto, respectivamente.....	68



Figura 17 – a) Amostra 3 – silicato vítreo dissolvido em água tratada, e em 20% de efluente composto, respectivamente; e b) Amostra 4 – silicato vítreo dissolvido em água tratada, e em 50% de efluente composto, respectivamente.....	68
Figura 18 – Amostra 5 – silicato vítreo dissolvido em água tratada, e em 80% de efluente composto, respectivamente .....	69
Figura 19 – Local sugerido para o entreposto setorial – resíduos químicos .....	75
Figura 20 – Modelo de identificação adotado para os resíduos químicos perigosos	76

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação da legislação, resoluções e normas a nível federal, sobre aspectos do gerenciamento de resíduos químicos .....	24
Quadro 2 – Principais métodos de tratamento para os resíduos químicos – tratamento químico, físico, térmico, biológico e disposição no solo .....	37
Quadro 3 – Metodologia aplicada para as duas vertentes estabelecidas – Resíduos gerados nas análises rotineiras e Resíduos gerados nas análises não-rotineiras ....	44
Quadro 4 – Grau de periculosidade para a inflamabilidade, riscos à saúde, reatividade e riscos específicos, conforme modelo de classificação adotado pela NFPA – Diagrama de <i>Hommel</i> .....	48
Quadro 5 – Inventário de produtos químicos.....	58
Quadro 6 – Classes de segregação adotadas pela Universidade Estadual de Campinas e Universidade Federal de São Carlos.....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Inventário de resíduos químicos – ativo ambiental, oriundo das análises da relação $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$ e determinação da % de sódio (continua) .....	60
Tabela 2 – Valores de pH do efluente composto, durante monitoramento de vinte e oito dias (continua) .....	64
Tabela 3 – Resultado das análises de cálcio, sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos sedimentáveis (SS), sólidos suspensos totais (SST) e sólidos totais (ST), para o efluente composto – análises complementares para análise da viabilidade de reúso .....	66
Tabela 4 – Resultado comparativo das análises da “panela de pressão” com água tratada e porcentagens de efluente composto diluído.....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
FATMA	Fundação do Meio Ambiente
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Carbonato de Sódio
Na <sub>2</sub> O	Óxido de Sódio
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Silicato de Sódio
NaOH	Soda Cáustica
NBR	Norma Brasileira
PGR	Plano de Gerenciamento de Resíduos
PGRQ	Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
SiO <sub>2</sub>	Dióxido de Silício
SiO <sub>2</sub> :Na <sub>2</sub> O	Relação Dioxido de Silício e Óxido de Sódio
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UG	Unidade geradora
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1 A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL .....	16
2.2 RESÍDUOS QUÍMICOS .....	17
2.3 A INDÚSTRIA QUÍMICA E OS RESÍDUOS QUÍMICOS .....	18
2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS .....	20
<b>2.4.1 Classificação segundo a ABNT NBR 10004/2004 .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.2 Classificação segundo a origem .....</b>	<b>21</b>
2.5 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL .....	24
2.6 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS .....	25
<b>2.6.1 Hierarquia no Gerenciamento de Resíduos .....</b>	<b>26</b>
2.6.1.1 Inventário dos Produtos e Resíduos Químicos .....	28
2.6.1.1.1 <i>Inventário do Passivo Ambiental</i> .....	28
2.6.1.1.2 <i>Inventário do Ativo Ambiental</i> .....	29
2.6.1.2 Minimização de resíduos .....	30
2.6.1.3 Segregação .....	31
2.6.1.4 Acondicionamento .....	32
2.6.1.5 Identificação .....	33
2.6.1.6 Reaproveitamento .....	36
2.6.1.7 Tratamento dos resíduos .....	36
2.6.1.8 Disposição Final .....	38
2.7 PROCESSO PRODUTIVO – PRODUÇÃO DE SILICATO DE SÓDIO .....	39
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>41</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO .....	41
3.2 MÉTODO DE PESQUISA .....	42
3.3 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS .....	43
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>53</b>
4.1 DIAGNÓSTICO .....	53
4.2 INVENTÁRIO DOS PRODUTOS E RESÍDUOS QUÍMICOS .....	57
4.3 APLICAÇÕES PARA A PRIMEIRA VERTENTE .....	61
<b>4.3.1 Minimização .....</b>	<b>61</b>

<b>4.3.2 Coleta e Armazenamento Interno.....</b>	<b>62</b>
<b>4.3.3 Reaproveitamento .....</b>	<b>64</b>
<b>4.3.4 Tratamento e Destinação Final .....</b>	<b>71</b>
<b>4.4 APLICAÇÕES PARA A SEGUNDA VERTENTE .....</b>	<b>72</b>
<b>4.4.1 Minimização .....</b>	<b>73</b>
<b>4.4.2 Segregação .....</b>	<b>73</b>
<b>4.4.3 Acondicionamento .....</b>	<b>74</b>
<b>4.4.4 Identificação .....</b>	<b>75</b>
<b>4.4.5 Tratamento e destinação final.....</b>	<b>76</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>78</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO(S).....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO A – Descrição das características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade - ABNT NBR 10004:2004.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO B – Etapas para caracterização e classificação dos resíduos sólidos - ABNT NBR 10004:2004 .....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO C – Relatório análises complementares para viabilidade de reúso do efluente composto .....</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE A – Questionário elaborado para levantamento de dados a respeito do Inventário de Resíduos Químicos .....</b>	<b>95</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os avanços realizados pelas ciências químicas contribuíram de forma significativa para a melhoria da qualidade de vida. Como exemplo, tem-se o descobrimento dos antibióticos e vitaminas para a saúde humana; as fibras sintéticas que baratearam enormemente a indústria têxtil; os agroquímicos que colaboraram eficazmente na produção agropecuária; os materiais poliméricos e outros novos materiais que substituem os provenientes de fontes naturais (NUDELMAN, 2010).

“No entanto, a natureza da química é complexa e muito variada, e assim são seus efeitos; em alguns casos foram observadas consequências indesejadas, e algumas delas se constituíram verdadeiras catástrofes ambientais.” (NUDELMAN, 2010, p. 19).

A área de estudo do presente trabalho se restringe ao Laboratório de Controle de Qualidade de uma indústria química, cuja principal atividade é a fabricação e comercialização de silicatos de sódio, além do fornecimento de aditivos químicos para empresas do ramo cerâmico.

O Laboratório de Controle de Qualidade é responsável pelo monitoramento periódico das matérias-primas utilizadas no processo produtivo e do produto nas fases final e de produção. Nestes processos de análises são utilizados produtos químicos, indicadores, porções de silicato de sódio, matéria-prima ou amostras de produtos para formulação, os quais, ao final da análise, contribuem para a geração de resíduos químicos, e que segundo Campani et al (2010, p. 109), mesmo sendo em pequena quantidade, “[...] apresentam peculiaridade devido à sua diversidade, e ao fato de muitos destes serem perigosos. Sendo assim, tais resíduos, se descartados incorretamente, podem causar danos graves ao meio ambiente”, sendo portanto, necessário o seu gerenciamento adequado.

Observa-se, na área em estudo, a inexistência de um gerenciamento apropriado para os resíduos gerados, sendo necessário seu devido manejo, ou seja, a aplicação de ações que vão desde a geração até a disposição final dos mesmos, incluindo etapas de acondicionamento, identificação, segregação, coleta, armazenamento, tratamento e disposição final.

Assim, com o intuito de atender às legislações e buscar melhorias relacionadas aos materiais gerados, o presente estudo objetiva propor um Programa de Gerenciamento dos Resíduos Químicos – PGRQ para o Laboratório de Controle

de Qualidade da indústria citada.

De forma a propiciar melhor entendimento sobre os materiais gerados, estabeleceram-se duas vertentes de trabalho, as quais se distinguem pela periodicidade de geração e suas fontes geradoras. A primeira vertente consiste nos resíduos gerados pelas análises rotineiras, ou seja, aquelas que são realizadas com certo espaço de tempo e que servem para controle de qualidade dos silicatos produzidos; a segunda vertente compreende os resíduos gerados pelas análises não-rotineiras, ou seja, por aquelas que são realizadas conforme solicitação e que visam a formulação/desenvolvimento de novos produtos ou aditivos especialmente para indústrias cerâmicas.

Atendendo ao objetivo e vertentes estabelecidas, foram definidas algumas metas, como:

- Realizar um levantamento das atividades geradoras;
- Elaborar um inventário dos produtos químicos;
- Elaborar um inventário dos resíduos químicos ativos e passivos;
- Propor ações de manejo para os resíduos químicos, obedecendo a hierarquia de priorização no gerenciamento de resíduos.

Como alternativa, observou-se a possibilidade de reaproveitamento dos resíduos gerados nas análises químicas, mais especificamente na análise da relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$  e determinação da % de sódio, por meio de sua diluição no efluente do Laboratório. Devido as vantagens de reuso, foram realizadas análises específicas de viabilidade, caracterização e limite de reutilização deste efluente final (resíduo+efluente), sendo os resultados apresentados no decorrer do trabalho.

De modo geral, a proposta do Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos – PGRQ para o Laboratório de Controle de Qualidade da empresa contribuirá para a minimização do impacto ambiental ocasionado pela ausência de um gerenciamento adequado, indicando ações que conduzam os envolvidos à boas práticas e novos hábitos, os quais serão essenciais à implantação e continuação do programa.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

A partir de 1750, com a revolução industrial, as fábricas começaram a produzir objetos de consumo em larga escala e a introduzir novas embalagens no mercado, aumentando consideravelmente o volume e a diversidade de resíduos gerados nas áreas urbanas. (ALMEIDA et al, 2013, p. 27).

Segundo os autores, o crescimento acelerado das metrópoles, a escassez das áreas de disposição de resíduos, a sujeira acumulada e a consequente poluição do solo, água e ar, conduziram o agravamento de sérios impactos negativos ao meio ambiente e as más condições de saúde em todo o mundo.

Entre os anos de 1969 e 1973 ocorreu o chamado milagre econômico, em que expressões como “poluição é progresso” surgiram a partir de um processo desenvolvimentista selvagem e desenfreado (KRASILCHIK, 1986 *apud* BENDASSOLLI, [2011]). Em consequência a este período, acentuou-se em âmbito local, a percepção da degradação ambiental e suas catastróficas consequências, aspecto que já havia sido identificado em diversos países da Europa e Ásia (BENDASSOLLI, [2011]).

Esta percepção somada às catástrofes ambientais, como a de Minamata no Japão, permitiram que a complexidade do tema *resíduos sólidos* ganhasse, cada vez mais, espaço em discussões nos diversos setores da sociedade, tornando-se evidente a necessidade de se tomar providências a respeito do controle da emissão destes resíduos, afim de se evitar a degradação e poluição do solo, água e ar (DIAS, VAZ, CAMPOS, 2010; BENDASSOLLI, [2011]).

Para Cavalcanti (2004), a década de 70 foi a década da água, a de 80 foi a década do ar e a de 90, dos resíduos sólidos. Esta demora na abordagem do tema reflete na pouca importância ambiental dada a este assunto até então.

Esta problemática quase sempre é evitada até o momento em que acarretam ameaças, iniquidades e conflitos ambientais mais graves às pessoas que estão diretamente ligadas a esses contextos, tais como as populações que habitam o entorno de áreas degradadas, a exemplo, daquelas onde a deposição de resíduos se apresenta potencial e efetivamente com altos níveis de poluição e contaminação. (PENATTI, GUIMARÃES, SILVA, 2008, p. 107).

Porém, sabe-se que a produção de resíduos vem aumentando assustadoramente em todo o mundo, passando a ser descartado e acumulado no meio ambiente, causando não somente problemas de poluição, mas também caracterizando um desperdício da matéria originalmente utilizada (BRASIL, SANTOS, 2007).

São diversos os processos pelos quais os resíduos de uma determinada atividade são reutilizados em outro processo produtivo, o que possibilita entender que os resíduos gerados pelas diversas atividades humanas ainda possuem valor comercial se manejados adequadamente. Isto leva a crer que o resíduo pode ser considerado como matéria-prima potencial, por meio da reutilização, reciclagem ou até mesmo por sua reutilização como matéria-prima (BRASIL, SANTOS, 2007).

Diante dos fatores relacionados ao desperdício e ao potencial poluidor dos resíduos sólidos, é coerente dizer que a busca por um manejo adequado deve ser uma preocupação dos governantes e de toda a sociedade.

## 2.2 RESÍDUOS QUÍMICOS

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) os resíduos sólidos são definidos como:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como **determinados líquidos** cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT NBR 10004, p. 1, grifo da autora).

Já, de acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), resíduos sólidos definem-se como material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, considerando-se gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou ainda, exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Ingressando ao conceito de resíduo químico, Santos (2011, p. 4) o define como “todo material com potencial de causar danos aos organismos vivos, materiais, estruturas ou meio ambiente; ou ainda, que pode tornar-se perigoso por interação com outros materiais”, compreendendo “[...] uma infinidade de compostos gerados nas mais variadas atividades industriais e laboratoriais do ramo.” (PENATTI, GUIMARÃES SILVA, 2008, p. 107).

De maneira geral, para Gerbase et al (2005) o problema dos resíduos químicos atinge graves proporções e tem sido deixado a um plano secundário, onde na maioria das vezes os resíduos são estocados de forma inadequada, aguardando destinação final, isso quando são estocados. Infelizmente, nos casos de laboratórios em geral, a cultura dominante é de descartá-los nas pias, já que ainda não há uma política institucional que permita um tratamento global do problema.

Desta forma, conclui-se que:

Estes resíduos merecem uma preocupação especial devido à complexidade dos seus compostos, e principalmente por apresentarem vários níveis de toxicidade, sendo eles de características físico-químicas ou bioquímicas, muito distintos em sua complexidade de geração. (PENATTI, GUIMARÃES, SILVA, 2008, p. 107).

## 2.3 A INDÚSTRIA QUÍMICA E OS RESÍDUOS QUÍMICOS

Segundo Donha (2002), as facilidades do mundo moderno, criada para atender demandas de uma sociedade eminentemente consumista, produzem, de forma desnecessária, uma quantidade significativa de resíduos sólidos. E as indústrias, com vistas a atrair os consumidores, investem pesado na fabricação de embalagens e produtos descartáveis, dos quais muitos deles não são reaproveitáveis.

Bendassolli ([2011], p. 2) afirma que “[...] as indústrias, principalmente aquelas que utilizam produtos químicos em seus processos produtivos, são as maiores responsáveis pela geração de resíduos perigosos [...].” E segundo Penatti, Guimarães, Silva (2008), mesmo apresentando índices desprezíveis se comparados às indústrias de grande porte deste mesmo ramo, os laboratórios de análises e pesquisas químicas possuem sua representatividade na geração destes resíduos.

A indústria química é atualmente um sistema muito complexo, envolvendo o fabrico de cerca de 100.000 compostos variados por meio de cerca de 3.000 processos de fabrico, e sua formulação em cerca de 6 milhões de produtos químicos, disponibilizados a outras indústrias, a serviços e ao público. (MACHADO, 2011, p. 12).

Numericamente falando, o Programa Ambiental da Organização das Nações Unidas (ONU) estimou que mais de quatrocentos milhões de toneladas de resíduos perigosos são geradas anualmente no mundo. Destes, cerca de 2,9 milhões de toneladas referem-se às indústrias do Brasil, e cerca de 1% é representado pelos laboratórios em geral (ORLOFF, FALK, 2003 apud SILVA et al, 2010; TAVARES, BENDASSOLLI, 2005).

Apesar dos altos números apresentados, uma parte significativa dos produtos químicos e dos respectivos processos de preparação industrial utilizados atualmente, foram inventados antes das discussões e preocupações ambientais, nos anos sessenta do século passado – sem se ter plena consciência dos efeitos deletérios ao homem e ao meio ambiente (MACHADO, 2011).

Foi então, que nas décadas seguintes, com a introdução ao conceito de Desenvolvimento Sustentável e o manifesto dos impactos ambientais decorrentes da atividade química, viu-se a necessidade de revisar a Química Industrial (MACHADO, 2011).

De forma resumida, para ser possível o cumprimento do Desenvolvimento Sustentável, a Indústria Química teve de crescer e mudar seus efeitos ambientais, abrindo-se espaço para a criação do termo Química Verde, caracterizada por uma química inovadora, que permite suportar sustentadamente uma população humana crescente e com melhor qualidade média de vida, porém com benignidade embutida para a compatibilizar com a conservação do meio ambiente (MACHADO, 2011).

O desenvolvimento e consolidação da Química Verde pode ser explicitado em termos dos chamados 4Rs (Reação, Resíduos, Recursos Naturais e Reagentes), passando globalmente pela invenção de novas **reações químicas**, que permitam eliminar o uso de substâncias tóxicas, maximizar a economia atômica e minimizar o uso de **solventes** e **substâncias auxiliares**; bem como diminuir a quantidade de **resíduos** produzidos e gastar menos **recursos naturais** não renováveis. (MACHADO, 2011, p. 14, grifo da autora).

Esta transformação requer mudança de postura e participação dos envolvidos, e além de toda a mentalidade a respeito do novo conceito, a Química Verde tende a ser o caminho para a prática de ações condizentes com o desenvolvimento sustentável, e por si só já é um grande passo em busca de uma mudança permanente.

## 2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

Os resíduos sólidos podem ser classificados de várias maneiras, sendo duas classificações as de maior destaque: classificação segundo a periculosidade dos resíduos e seus impactos à saúde e ao meio ambiente e classificação segundo a sua fonte geradora.

A primeira classificação é adotada pela ABNT NBR 10004/2004; e a segunda é adotada por diversos autores da área, sendo mais detalhada e específica (CABRAL, [20--]).

### 2.4.1 Classificação segundo a ABNT NBR 10004/2004

O processo de classificação de resíduos norteado pela ABNT NBR 10004 (2004, p. 2) envolve a identificação do processo ou atividade que gerou o resíduo e seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente seja conhecido. A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, insumos e o processo que lhe deu origem.

De acordo com a norma, os resíduos são classificados em:

- a) Resíduos Classe I – Perigosos: resíduos que apresentem risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices; ou ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada; ou ainda, que apresente características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade;
- b) Resíduos Classe II – Não Perigosos: a) Classe II A – Não Inertes: resíduos não enquadrados como perigosos e inertes, podendo ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água; b) Classe II B – Inertes: quaisquer resíduos, que submetidos ao teste de solubilização (ABNT NBR 10006/2004), não apresentam constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, exceto anexo G, constante na NBR 10004/2004 página 69.

As características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, referente aos resíduos classificados como perigosos, constam no Anexo A do presente trabalho; e no Anexo B constam as etapas ilustrativas para a caracterização e classificação dos resíduos.

De forma resumida, para se classificar um determinado resíduo, segundo a ABNT 10004/2004, verifica-se a ocorrência do mesmo entre os constantes nos Anexos A e B da norma. Em caso positivo, este resíduo será considerado Classe I – Perigoso. Em caso negativo, deve-se retirar uma amostra representativa, conforme *NBR 10007/2004 – Amostragem de resíduos sólidos*, e proceder a obtenção de extratos lixiviados e solubilizados do mesmo, conforme procedimentos descritos nas *NBR 10005/2004* e *NBR 10006/2004*, respectivamente. A partir dos resultados obtidos nas análises, faz-se a comparação dos parâmetros encontrados com os que se encontram nos Anexos C e G da *NBR 10004/2004* e assim, classifica-se o resíduo (CABRAL, [20--]).

#### **2.4.2 Classificação segundo a origem**

Os resíduos sólidos também podem ser classificados de acordo com a sua origem, em: domiciliares, de limpeza urbana, sólidos urbanos, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, dos serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transportes e de mineração. A seguir tem-se uma breve descrição para cada tipo, segundo os autores Brasil, 2010; Brasil, Santos, 2007; Cabral, [20--]; Donha, 2002.

- a) *Resíduos Domiciliares*: são todos os resíduos gerados na vida diária das residências, ou seja, o doméstico ou residencial. Este é constituído por restos de alimentos, produtos deteriorados, jornais, revistas, garrafas, embalagens em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis e uma grande diversidade de outros itens;
- b) *Resíduos de Limpeza Urbana*: são os resíduos gerados na varrição de ruas, limpeza pública e de logradouros, desassoreamento de córregos, restos de podas de árvores, construção de estradas, vias públicas, instalação de redes de gás, eletricidade, esgoto, etc.;
- c) *Resíduos Sólidos Urbanos*: são os resíduos domiciliares e os de limpeza urbana;

- d) *Resíduos de Estabelecimentos Comerciais e Prestadores de Serviço:* abrange os resíduos resultantes dos diversos estabelecimentos comerciais, tais como escritórios, lojas, hotéis, restaurantes, supermercados, quitandas, dentre outros. Não são considerados nesta classe os resíduos de limpeza urbana, dos serviços públicos de saneamento básico, de serviços de saúde, da construção civil e os agrossilvopastoris. Tem-se como fortes componentes deste resíduo, papéis, plásticos e embalagens diversas;
- e) *Resíduos de Serviços Públicos de Saneamento Básico:* são todos os resíduos gerados neste tipo de atividade, com exceção dos resíduos sólidos urbanos;
- f) *Resíduos Industriais:* são aqueles originados nas atividades dos diversos ramos da indústria, tais como: metalúrgica, química, petroquímica, papelreira e alimentícia. Eles são divididos em três tipos, descritos na sequência. I) *Resíduo Industrial Comum:* são todos os resíduos industriais sólidos e semissólidos com características físicas semelhantes às dos resíduos sólidos urbanos, não apresentando, desta forma, periculosidade efetiva e potencial à saúde humana, ao meio ambiente e ao patrimônio público e privado, quando dispostos adequadamente; II) *Resíduo Industrial Perigoso:* são todos os resíduos sólidos, semissólidos e líquidos não passíveis de tratamento convencional, resultantes da atividade industrial e do tratamento convencional de seus efluentes líquidos e gasosos, que, por suas características, apresentam periculosidade efetiva e potencial à saúde humana, ao meio ambiente e ao patrimônio público e privado, requerendo cuidados especiais quanto ao acondicionamento, coleta, transporte, armazenamento, tratamento e disposição final; III) *Resíduo Industrial de Alta Periculosidade:* são os resíduos que podem causar danos à saúde humana, ao meio ambiente e ao patrimônio público e privado, mesmo em pequenas quantidades, requerendo cuidados especiais quanto ao acondicionamento, coleta, transporte, armazenamento, tratamento e disposição final. Em geral, são compostos químicos de alta persistência e baixa biodegradabilidade, formados por substâncias orgânicas de alta toxicidade ou reatividade, tais como:

bifenilas policloradas (PCB) puras ou em misturas concentradas; trifenilas policloradas (PCT) puras ou em misturas concentradas; catalisadores gastos, não limpos, não tratados; hidrocarbonetos poliaromáticos, clorados e policlorados; solventes em geral; pesticidas de alta persistência; sais de cianatos, sais de nitritos; ácidos e bases; explosivos; cádmio e seus compostos; mercúrio e seus compostos, substâncias carcinogênicas;

- g) *Resíduo de Serviços de Saúde (RSS)*: resíduos provenientes de hospitais, clínicas médicas e veterinárias, laboratórios de análises clínicas, farmácias, centros de saúde, consultórios odontológicos e outros estabelecimentos afins. De acordo com a forma de geração, os RSS podem ser divididos em dois tipos: resíduo comum, o qual compreende os restos de alimentos, papéis, invólucros, dentre outros; e o resíduo séptico, que engloba os resíduos advindos das salas de cirurgias, centros de hemodiálise, áreas de internação, isolamento, dentre outros;
- h) *Resíduos da Construção Civil*: são os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) *Resíduos Agrossilvopastoris*: são os resíduos gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, resultantes do manejo agropecuário em zonas rurais, tais como a colheita e pecuária, incluídos os relacionados a insumos utilizados nestas atividades. São de natureza orgânica, física ou química (no caso dos agrotóxicos);
- j) *Resíduos de Serviços de Transporte*: são os resíduos originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) *Serviços de Mineração*: são os resíduos gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.



## 2.5 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

São diversas as legislações, normas e resoluções a respeito das questões ambientais e especificamente sobre os resíduos sólidos. Para a elaboração da proposta do Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos – PGRQ foram utilizadas como base, as normas e instrumentos legais destacados a seguir.

O quadro 1 apresenta a descrição, resoluções e normas em nível federal, que tratam sobre aspectos do gerenciamento de resíduos químicos.

Quadro 1 – Relação da legislação, resoluções e normas a nível federal, sobre aspectos do gerenciamento de resíduos químicos

Lei Número/Ano	Descrição
Constituição da República Federativa do Brasil de 1988	O capítulo VI trata sobre o meio ambiente, tendo-se como destaque o art. 225 §3º
Lei nº 6.905/1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências
Lei nº 12.305/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências
Decreto nº 6.514/2008	Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências
CONAMA 357/2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências
CONAMA 430/2011	Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA
ABNT NBR 11.174/1990	Trata sobre o Armazenamento de Resíduos Classe II – A (Não-inertes) e Classe II – B (Inertes)
ABNT NBR 12.235/1992	Trata sobre o armazenamento de resíduos sólidos perigosos
ABNT NBR 10004/2010	Trata sobre a classificação dos resíduos sólidos
ABNT 16.725/2011	Trata sobre a Ficha com dados de segurança de resíduos químicos (FDSR) e rotulagem dos resíduos químicos

Fonte: A autora, 2014

Como legislação em nível estadual, tem-se a Lei nº 14.675 de 2009 que institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências (BRASIL, 2009).

## 2.6 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS

Gerenciamento de resíduos é uma prática que consiste em controlar o potencial de impactos ambientais dos resíduos gerados numa determinada atividade. Esta prática pode ser considerada como uma prática de Produção mais Limpa (P+L), na medida em que são aplicados princípios de minimização, prevenção e busca por alternativas sustentáveis (ROCCA et al, 1993 *apud* PENATTI, GUIMARÃES, SILVA, 2008).

Quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) o define como um conjunto de ações exercidas, de forma direta ou indireta, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, com vistas ao plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou ao plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma da presente lei.

Ingressando ao gerenciamento de resíduos químicos, Gil et al (2007) afirmam que a maior diferença entre gerenciar os resíduos químicos industriais e os resíduos químicos de laboratórios está na forma de tratamento e disposição final. O grande problema destas formas de geração é a composição variada e inconstante que apresentam. As propriedades químicas dos resíduos mudam constantemente e dificilmente encontra-se um método padrão e eficaz para o seu tratamento (GERBASE et al, 2005).

A Agenda 21, firmada na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – ECO-92, no Rio de Janeiro, reconhece em seu Capítulo 20, que o controle dos resíduos perigosos do berço ao túmulo, ou seja, da geração até a disposição final é de extrema importância para a saúde do homem, a proteção do meio ambiente, o manejo dos recursos naturais e o desenvolvimento sustentável. (FIGUERÊDO, 2006, p. 39).

Em consonância ao estabelecido na ECO-92, para o sucesso na implementação e manutenção de um PGRQ, deve-se levar em consideração a adoção de três conceitos importantes, os quais nortearão as atividades a serem desenvolvidas

no desenrolar do programa. O primeiro conceito é o de que gerenciar resíduos é sinônimo de “geração zero de resíduos”, ou seja, o gerenciamento visa não somente a busca pela minimização da quantidade gerada, mas também impõe um valor máximo na concentração de substâncias notadamente tóxicas no efluente final da unidade geradora; o segundo conceito diz que só se pode gerenciar aquilo que se conhece, e assim sendo, um inventário de todo o resíduo produzido na rotina da unidade geradora é indispensável; e por terceiro o da responsabilidade objetiva na geração do resíduo, ou seja, o gerador do resíduo é o responsável pelo mesmo, cabendo a ele sua destinação final (JARDIM, [2002]).

Após os conceitos estabelecidos e entendidos, Silva et al (2010) diz que o objetivo principal de um PGRQ é o fomento para ações preventivas e corretivas, nas unidades geradoras, afim de priorizar e incentivar ações aplicáveis diretamente nestes locais. Dentre os objetivos específicos, que visam o alcance do objetivo principal, Silva et al (2010) lista os seguintes:

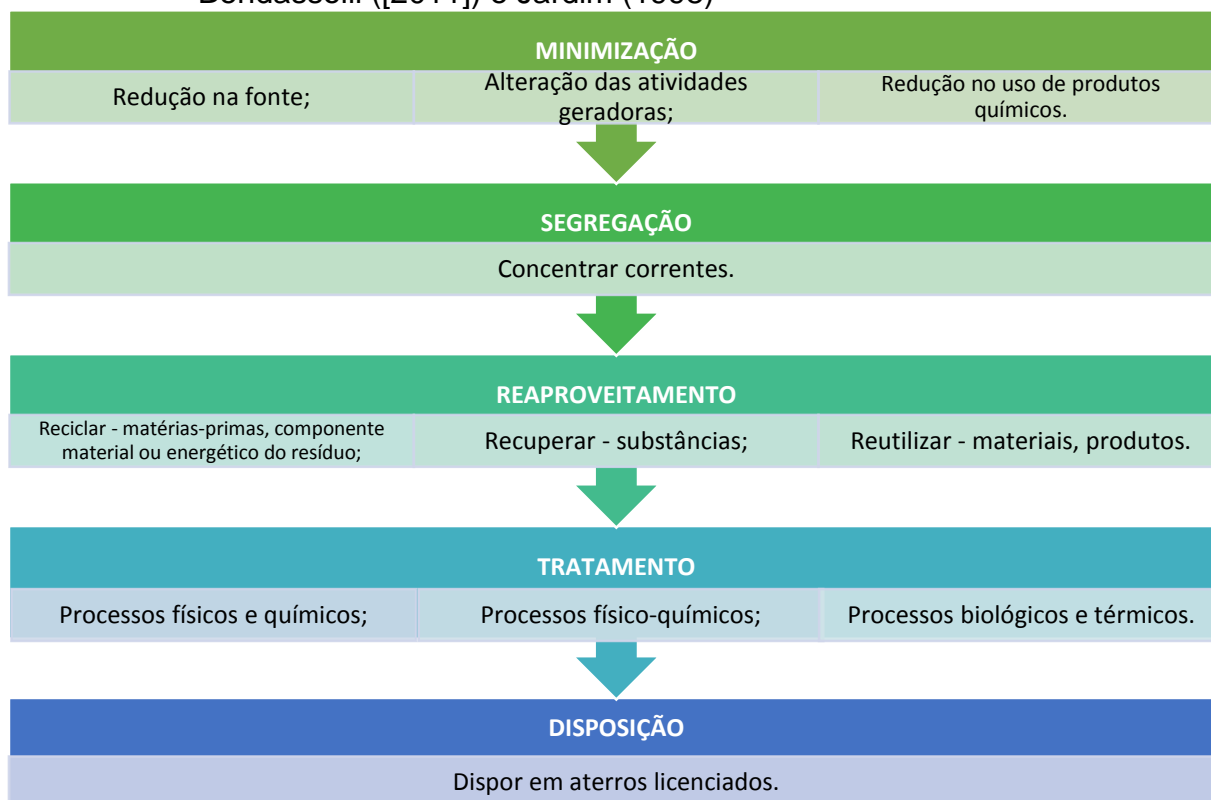
- a) Sensibilizar os envolvidos para os riscos à saúde, segurança e meio ambiente, decorrentes da exposição a agentes químicos;
- b) Capacitar os envolvidos no plano para o gerenciamento dos resíduos produzidos nas suas atividades;
- c) Disseminar ideias e ações visando a incentivar e proporcionar oportunidades para a melhoria constante do gerenciamento de resíduos químicos;
- d) Difundir o conceito de atuação responsável;
- e) Incorporar princípios da gestão ambiental preventiva, reforçando os conceitos de redução, reutilização e reciclagem de resíduos; e
- f) Promover a adequação ambiental das atividades geradoras que, direta ou indiretamente, geram resíduos químicos, utilizando-se de ferramentas e técnicas que possibilitem a correta disposição final dos resíduos e contribuam para a educação e a conscientização ambiental dos envolvidos.

### **2.6.1 Hierarquia no Gerenciamento de Resíduos**

De forma integrante e complementar, um PGRQ deve sempre adotar, segundo Bendassolli ([2011]) e Jardim (1998) uma escala de prioridades ou hierarquia

de atitudes, as quais nortearão as ações durante as fases de planejamento e implantação do programa, e que segundo Jardim (1998) devem ser sempre praticadas, independente da atividade geradora de resíduo. A figura 1 representa a hierarquia adaptada aos dois autores, que nada mais é do que uma série de atitudes, as quais são apresentadas numa sequência decrescente de prioridade (JARDIM, [2002]).

Figura 1 – Escala de prioridades adaptada, no gerenciamento de resíduos – Bendassolli ([2011]) e Jardim (1998)



Fonte: BENDASSOLLI, [2011]; JARDIM, 1998; adaptado pela autora, 2014

As atividades constantes na hierarquia apresentada, fundamentam os pontos básicos para o planejamento e implantação de qualquer PGRQ. Porém, tendo-se em vista que o gerenciamento de resíduos consiste no manejo dos mesmos, por meio de ações que vão desde a sua geração até a sua destinação final, completam-se às etapas da hierarquia, o inventário dos produtos e resíduos químicos, a segregação na fonte, o acondicionamento, identificação, coleta e armazenamento interno.

Em sequência, são descritas as etapas da hierarquia, em consonância as demais etapas acima citadas.

### 2.6.1.1 Inventário dos Produtos e Resíduos Químicos

Considerando que só se gerencia aquilo que se conhece, o instrumento básico do processo de gerenciamento é o inventário, “[...] que numa concepção holística de ciclo de vida, deve permitir acompanhar não só a movimentação de produtos químicos, mas também a geração e manejo dos resíduos químicos gerados pelo uso desses produtos (FIGUERÊDO, 2006, p. 126).

“O inventário de produtos químicos deve rastrear a substância química da aquisição até o fim do uso ou da intenção de uso.” (FIGUERÊDO, 2006, p. 126).

Os produtos químicos devem ser caracterizados, quantificados, controlados e monitorados, e ainda devem ser identificados o local de estocagem e a atividade de consumo dos produtos, para elaboração do inventário (FIGUERÊDO, 2006).

O inventário de resíduos químicos ou materiais residuais conta com duas linhas de elaboração, sendo elas o inventário dos passivos ambientais e o inventário dos ativos ambientais, explanados nos itens a seguir.

#### 2.6.1.1.1 *Inventário do Passivo Ambiental*

“O passivo compreende todo aquele resíduo estocado, via de regra não-caracterizado, que aguarda a destinação final. Inclui desde restos reacionais, passando por resíduos sólidos, até frascos de reagentes ainda lacrados, mas sem rótulo.” (NOGUEIRA, ALMEIDA, GONZALEZ, [20--], p. 4).

“O inventário do passivo tem como objetivo identificar qualitativa e quantitativamente a maior quantidade possível dos resíduos químicos já estocados na unidade, independentemente do seu estado físico, a fim de propor o tratamento adequado e sua destinação final.” (JARDIM, [2002], p. 5).

Jardim ([2002]) considera que a existência de passivo pode ser compreendida como um problema e ao mesmo tempo como um ponto positivo. O problema se baseia na caracterização do passivo que nem sempre é possível, devido a inexistência de rótulos, ou mesmo rótulos contendo dados insuficientes. Tais fatos tornam a definição do tratamento e destinação final tarefas difíceis de serem realizadas, tanto sob o aspecto técnico, quanto econômico. Já o ângulo otimista considera que a grande maioria dos laboratórios não possuem passivos, exatamente

pelo fato de descartarem seus resíduos de forma inadequada, o que significa dizer que havendo passivos, lançamentos irregulares deixaram de ocorrer.

Apesar das dificuldades encontradas para se caracterizar os passivos existentes, deve-se levar em consideração a classificação de resíduos segundo a ABNT 10004/2004 e o procedimento de amostragem segundo a ABNT 10007/2004 afim de identificar e caracterizar o resíduo da melhor maneira possível, viabilizando seu aproveitamento (JARDIM, [2002]).

O autor ainda sugere, que após a caracterização do resíduo, sejam consideradas as seguintes opções para uso seguinte:

- a) *Avaliação econômica do passivo;*
- b) *Recuperação e reuso “in situ”;*
- c) *Tratamento “in situ”;*
- d) *Tratamento fora da unidade; e*
- e) *Destinação final.*

Por fim, o autor aconselha que a segregação dos resíduos, após sua caracterização, seja aprimorada quantas vezes se achar necessário, de maneira a contemplar os objetivos do PGRQ.

#### 2.6.1.1.2 Inventário do Ativo Ambiental

Todo o resíduo gerado na rotina de trabalho na UG é conhecido como ativo. Se a unidade segue uma rotina de trabalho, o gerenciamento é bastante facilitado, tendo em vista uma previsão qualitativa e quantitativa do ativo gerado. (PREZOTTO, 2010, p. 2).

“Todo programa de gerenciamento de resíduos é, na verdade, o gerenciamento deste tipo de resíduo, uma vez que o programa implementado, não mais admite a existência de passivos ambientais.” (JARDIM, [2002], p. 10).

O inventário inicial do ativo é indispensável para qualquer PGRQ, pois através desta pré-avaliação dos resíduos gerados é que se poderá traçar metas e objetivos a serem atingidos em termos de geração futura. Por conseguinte, deverá colocar-se em prática a chamada hierarquia de atitudes, com o objetivo de não só diminuir a quantidade do ativo, mas também de eliminar os resíduos considerados tóxicos (JARDIM, [2002]).

No inventário devem ser levantadas informações quanto a caracterização do ativo, quantidade gerada, atividade geradora e local de segregação, se aplicável (FIGUERÊDO, 2006).

#### 2.6.1.2 Minimização de resíduos

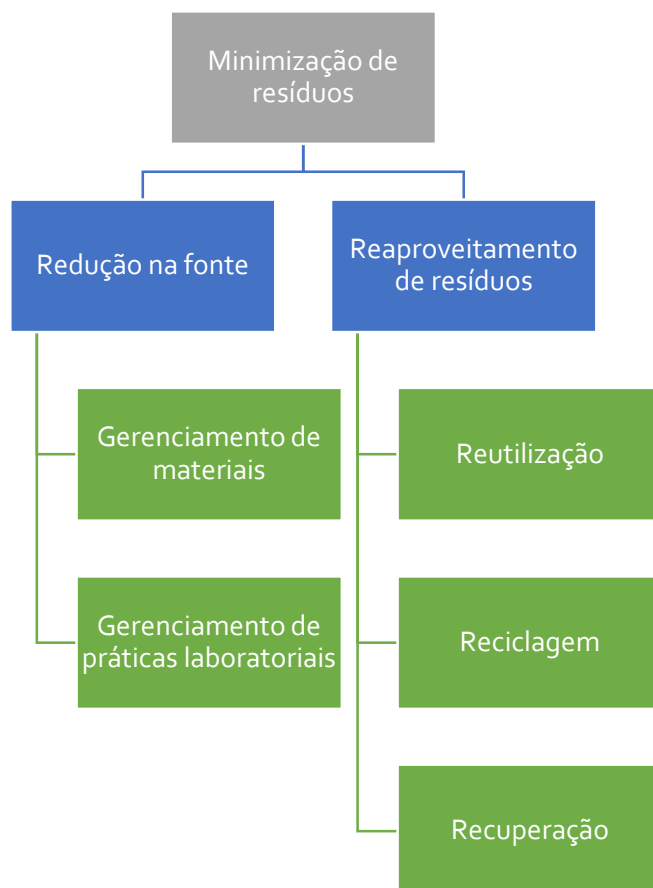
A minimização de resíduos, “segundo a *Environmental Protection Agency* – *EPA*, significa qualquer ação que reduza a quantidade ou toxicidade dos materiais residuais gerados antes de um eventual tratamento para disposição final.” (FIGUERÊDO, 2006, p. 40).

São “[...] uma série de atitudes que quando tomadas conjuntamente ou em separado, culminam num produto final único: uma sensível redução não apenas na quantidade de resíduos gerados, mas também no seu potencial de impacto no meio ambiente.” (JARDIM, [2002], p. 11-12).

De forma conceitual, minimização de resíduos é uma denominação mais adequada do que redução de resíduos ou prevenção de resíduos, pois, enquanto minimizar é diminuir ao mínimo possível, reduzir pode ser simplesmente passar para um valor menor que o anterior, mas ainda não adequado ambientalmente. Não sendo possível evitar a geração do resíduo, em seguida deve-se verificar a possibilidade de reaproveitar, com ou sem tratamento, os resíduos gerados. Como exemplo de procedimentos que objetivam a minimização na geração de resíduos, tem-se a substituição de reagentes perigosos por outros menos perigosos; substituição de métodos; redução da diversidade de solventes usados; segregação dos resíduos; diminuição de compras superdimensionadas de produtos químicos; uso de reagentes velhos para tratar rejeitos; utilização de solventes usados para limpeza de materiais; microescala; entre outros (MARTINI JUNIOR, FIGUEIREDO, GUSMÃO, 2005; BENDASSOLLI, [2011]; FIGUERÊDO, 2006).

A figura 2 apresenta um fluxograma básico das duas linhas estratégicas de minimização, redução na fonte e reaproveitamento de resíduos.

Figura 2 – Estratégias de minimização de resíduos químicos



Fonte: FIGUERÊDO, 2006

A redução na fonte objetiva eliminar ou reduzir a **geração** de resíduos, enquanto o reaproveitamento pretende resgatar o resíduo para uso, eliminando ou reduzindo a **quantidade** de material para **disposição final** (FIGUERÊDO, 2006).

Os benefícios obtidos com a minimização dos resíduos incluem a racionalização dos procedimentos visando menor consumo de reagentes e o decréscimo dos custos com tratamento e disposição final, além de colaborar com a segurança do operador e da comunidade, uma vez que previne a contaminação ambiental, seja por despejos gasosos, sólidos ou líquidos. (NOGUEIRA, ALMEIDA, GONZALEZ, [20--], p. 2).

### 2.6.1.3 Segregação

A segregação de resíduos na fonte geradora é o fator mais relevante que se deve considerar num PGRQ, procurando, sempre que possível, priorizar as correntes de resíduos. A mistura de compostos gerados e a incompatibilidade de alguns compostos podem inviabilizar o processo de reaproveitamento ou tratamento adequado dos resíduos, valendo lembrar que antes de se decidir pela segregação



interna dos resíduos, é importante ter em mente qual será o seu destino final, e a quantidade e natureza das correntes deve ser definida com base nas características dos resíduos da unidade (BENDASSOLLI, [2011]; JARDIM, 1998; TAVARES, BENDASSOLLI, 2005).

A decisão dos tipos e números de correntes de segregação é muito peculiar e depende da rotina de cada setor da UG, bem como do potencial de recuperação/reúso destes, além de que, conforme o PGRQ avança, o número final destas correntes pode inclusive aumentar, tendo em vista que certos tipos de resíduos podem ser destruídos dentro da própria unidade (JARDIM, [2002]).

#### 2.6.1.4 Acondicionamento

De modo geral, as embalagens são usadas para atender a quatro objetivos:

- Conter produtos químicos para uso;
- Acumular resíduos para reaproveitamento interno ou externo;
- Acumular rejeitos para tratamento e descarte interno; e
- Acumular rejeitos para transporte e disposição final.

Para entendimento da diferença entre resíduo e rejeito, Figuerêdo (2006) conceitua que:

resíduo é um material residual remanescente de alguma apropriação, processo ou atividade e que possui, em princípio, um potencial de reúso, para o próprio gerador ou não, com ou sem tratamento. Rejeito é um material residual remanescente de alguma apropriação, processo ou atividade, porém, insersível, já que não apresenta possibilidade técnica ou econômica de uso, com ou sem tratamento, devendo ser tratado para descarte adequado no ambiente. (FIGUERÊDO, 2006, p. 133).

Os produtos químicos devem vir em recipientes com forma, tamanho e material apropriados, não sendo, neste caso, necessária a aplicação deste atapa. Já no caso dos resíduos químicos, a escolha da embalagem apropriada vai depender da possibilidade ou não de reaproveitamento, das características das substâncias acondicionadas, das quantidades geradas, tipos de transporte a ser utilizado, exigências das empresas de tratamento e disposição final, espaço para estocagem, custo e disponibilidade dos diferentes contêineres (FIGUERÊDO, 2006).

O resíduo químico que for destinado ao reaproveitamento interno deve, sempre que possível, ser guardado no mesmo recipiente que continha a substância que o originou. No entanto, a etiqueta original deve ser substituída por outra que identifique o material como “resíduo”. Nos casos de resíduos constituídos por misturas, o recipiente deve ser compatível com todos os componentes desta mistura (FIGUERÊDO, 2006).

Recomenda-se, por questões de segurança e manejo, que a acumulação de resíduos em frascos coletores seja feita, em princípio, no próprio laboratório, pelo gerador ou pessoa indicada, em embalagens que não ultrapassem 10-15 litros, conforme classes de segregação definidas. Aconselha-se também o uso de apenas um frasco em uso, para recolher cada tipo de resíduo segregado (FIGUERÊDO, 2006).

Uma vez cheias, as embalagens devem ser recolhidas do laboratório e levadas para um entreposto setorial, onde as mesmas poderão ser acumuladas em recipientes maiores, de 30, 60 ou 200 litros, para que o reaproveitamento ou tratamento do resíduo ocorra em uma escala técnica e economicamente viável (FIGUERÊDO, 2006).

É de vital importância que substâncias e resíduos químicos sejam compatíveis química e fisicamente com seus recipientes, pois qualquer incompatibilidade entre ambos pode resultar em rompimento ou desintegração da embalagem, tendo como consequência danos aos usuários e/ou ao meio ambiente (FIGUERÊDO, 2006).

#### 2.6.1.5 Identificação

Identificar os resíduos químicos, por meio de rótulos e etiquetas, constitui-se num método simples e eficiente para a redução, não só dos riscos de exposição e acidentes, mas também aos custos associados com o manuseio, tratamento e disposição final destes resíduos (FIGUERÊDO, 2006).

Informações como características do produto e periculosidade, recomendações de segurança para manuseio e estocagem são informados nos rótulos e etiquetas, e se bem concebidos, aplicados e mantidos, evitam a geração de resíduos com identificação desconhecida (FIGUERÊDO, 2006).

As embalagens originais de produtos químicos já vem rotuladas. Entretanto, informações como validade do produto nem sempre vem destacadas no rótulo, e portanto, é importante inspecionar o estado de conservação dos rótulos, no ato do recebimento de cada lote, e verificar se há uma indicação clara do nome e fórmula do produto químico, data de validade, número do lote, símbolos de periculosidade, frases de risco e segurança (FIGUERÊDO, 2006).

Nas situações em que produtos estejam com etiquetas danificadas ou impossibilitadas de exercerem sua função, é necessário atribuir um modelo de rótulo, onde as informações de segurança devem seguir o recomendado pela ABNT NBR 14725-3/2009: identificação do produto e telefone de emergência do fornecedor; composição química; pictogramas de perigo (conforme Anexos C e D da norma); palavra de advertência (conforme Anexo D da norma); frase de perigo (conforme Anexo D da norma); frase de precaução (conforme Anexo E da norma); e outras informações.

No caso dos resíduos químicos considerados perigosos, enquanto armazenados na unidade geradora, o rótulo da embalagem deve conter, no mínimo, as informações seguintes (FIGUERÊDO, 2006; NBR 16725, 2011):

- Identificação de “RESÍDUO QUÍMICO”;
- Composição química do resíduo, indicando, se possível, a composição percentual dos componentes;
- Característica de periculosidade do material residual;
- Setor gerador, telefone e nome dos responsáveis pela geração;
- Datas de início e fim de acumulação;
- Frases de precaução, compreendendo informações como: perigo físico, como evitar potencial uso indevido e exposição à saúde, medidas em casos de acidentes e para proteção ambiental, medidas apropriadas de destinação;
- Conter a frase “A Ficha com dados de segurança do resíduo químico (FDSR) perigoso pode ser obtida por meio...”, sendo completada com informações como telefone de emergência, site, etc.

Para os resíduos químicos considerados não perigosos, deve-se apenas conter o nome do resíduo, o nome e telefone de emergência do gerador, e a frase “Este resíduo químico é classificado como não perigoso, conforme a ABNT NBR

10004 e as Regulamentações de Transporte de Produtos Perigosos e suas instruções complementares”.

No caso de embalagens que serão transportadas para tratamento externo e/ou para destinação final, é necessário consultar a Resolução ANTT nº 420/2004 e o Decreto nº 96.044/1988. Assim, o rótulo para carga perigosa deve conter, entre outras, as informações (FIGUERÊDO, 2006):

- Identificação de “RESÍDUO PERIGOSO”;
- Forma de disposição final;
- Composição química do resíduo;
- Classificação da ABNT NBR 10004/2004;
- Designação ONU e número de identificação ONU;
- Classe de risco e número de risco ONU;
- Frases de Risco e Segurança;
- Identificação do gerador; e
- Identificação do destinatário.

Vale ressaltar que, para eficiência da rotulagem e identificação, tanto dos produtos, quanto dos resíduos químicos, algumas recomendações importantes devem ser seguidas, como (LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – SÃO CARLOS, [20--]; NBR 16725, 2011):

- Os rótulos devem ser feitos em material resistente às condições normais de manuseio, transporte e armazenagem até a sua destinação final;
- É vetado o uso de imagens ou informações que possam induzir o usuário ou receptor ao erro;
- As informações devem ser específicas e exclusivas ao resíduo químico contido na embalagem;
- A etiqueta deve ser colocada no frasco antes de se inserir o produto ou resíduo químico, afim de evitar erros;
- Abreviações e fórmulas não são permitidas;
- O Diagrama de *Hommel* deve ter o preenchimento dos três itens: risco à saúde, inflamabilidade e reatividade;
- No caso da etiqueta ser impressa em preto e branco, esta deve ser preenchida usando canetas das respectivas cores do Diagrama de *Hommel*; e

- A classificação do produto ou resíduo deve sempre priorizar a substância mais perigosa do frasco, mesmo que esta esteja em menor quantidade.

#### 2.6.1.6 Reaproveitamento

Respeitando-se a sequência, Tavares e Bendassolli (2005) apostam no estímulo ao reaproveitamento do resíduo inevitavelmente gerado, podendo se dar por meio da reciclagem, recuperação ou reutilização. Segundo os autores, o termo reciclar significa refazer o ciclo por completo, voltar à origem, ou seja, é quando determinado material retorna como matéria-prima ao seu processo produtivo; recuperar é retirar do resíduo um componente energético de interesse, seja por questões ambientais, financeiras ou ambas concomitantemente; e a reutilização ou reúso é quando um resíduo é utilizado, tal qual foi gerado, em um processo qualquer, dentro ou fora da unidade geradora.

“De modo geral, o reúso é muito pouco praticado dentro dos laboratórios de química, dando espaço para o reciclo, o qual tem um potencial maior de aplicação.” (JARDIM, [2002], p. 14).

Dentre os resíduos naturalmente candidatos ao processo de reciclagem, os mais comuns, segundo o autor, são: solventes, combustíveis em geral, óleos, resíduos ricos em metais (principalmente metais preciosos), ácidos e bases, e catalisadores; e em relação a prática, observa-se que em mais de 90% dos casos, a única atividade praticada é a destilação.

Jardim ([2002]) conclui, que tanto o reaproveitamento do resíduo, quer seja dentro ou fora da UG, bem como a destinação final do mesmo são atividades que requerem uma pesquisa criteriosa, pois as opções são muitas e os custos podem ser elevados, principalmente quando se trata da disposição final de resíduos Classe I (Perigosos) e Classe II A (Não-inertes). Com isso, a prioridade deve ser dada a quaisquer atividades que minimizem o passivo, quer seja por reaproveitamento, reúso, troca num banco de resíduos, recuperação, entre outros.

#### 2.6.1.7 Tratamento dos resíduos

Tratamento é qualquer método, técnica ou processo utilizado para mudar as características ou a composição física, química ou biológica de qualquer material residual de modo a recuperar ou reciclar materiais de interesse,

recuperar energia e reduzir volume e/ou transformar o material em não perigoso ou menos perigoso para transporte, estocagem e disposição final. (FIGUEREDO, 2006, p. 182).

Seja para aproveitamento ou para destinação final, o tratamento é a penúltima prática a ser realizada na escala de prioridades, e pode ser feito através de métodos químicos, físicos, biológicos ou térmicos. A neutralização, a precipitação química e a oxirredução são os métodos mais frequentemente utilizados para tratar as principais correntes inorgânicas de materiais residuais, enquanto que as correntes orgânicas podem ser, com certa frequência, reaproveitadas através da destilação de solventes ou tratadas por oxirredução e outros métodos (FIGUEREDO, 2006; TAVARES, BENDASSOLLI, 2005).

O quadro 2 apresenta os principais métodos de tratamento para os resíduos químicos.

Quadro 2 – Principais métodos de tratamento para os resíduos químicos – tratamento químico, físico, térmico, biológico e disposição no solo

Métodos de Tratamento	
Tratamento Químico	Neutralização Ácido-Base
	Precipitação Química
	Oxidação-Redução
	Absorção em Carvão Ativado
	Troca Iônica
Tratamento Físico	Remoção Física: - Destilação; - Evaporação; - Extração por Solvente; - Extração por Arraste de Vapor; - Troca Iônica; - Precipitação; - Cristalização; - Filtração; - Adsorção; - Osmose reversa.
	Microencapsulação
	Estabilização
Tratamento Térmico	Incineração
	Co-processamento
	Combustão em Caldeiras e Fornos
	Detonação
	Vitrificação
Disposição no Solo	Aterro Industrial

Fonte: FIGUEREDO, 2006

Jardim (1998) e Figuerêdo (2006) ressaltam que o tratamento de resíduos “*in situ*” deve ser priorizado ao máximo, sob a responsabilidade do gerador, no próprio laboratório ou unidade geradora, afim de reduzir a quantidade de resíduos a ser enviada para fora da unidade geradora.

A condução de resíduos para tratamento externo deve ser, na medida do possível, evitada e, quando necessária, o rejeito deve estar com seu volume e toxicidade reduzidos para minimizar riscos durante o transporte e por ocasião do seu tratamento e disposição final. (FIGUERÊDO, 2006, p.183).

#### 2.6.1.8 Disposição Final

Por fim, a destinação ou disposição final, segundo Jardim ([2002]) é um termo técnico usado para designar a forma e o local selecionados para receber de maneira definitiva qualquer resíduo descartado. No caso de resíduos urbanos, a disposição final costuma ser em aterros sanitários, enquanto que nos casos de resíduos químicos gerados em laboratórios de ensino, pesquisa e prestação de serviços, o destino final encontrado pela grande maioria é ignorado ou difuso (pias, ralos, terrenos baldios, incineração, etc).

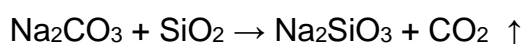
Para o autor, mesmo sob um rígido PGRQ, o descarte de vários tipos de resíduos por parte de um laboratório pode ser feito, desde que este efluente esteja de acordo com padrões de lançamento exigidos pela legislação vigente, atualmente a do CONAMA 430/2011.

No caso dos resíduos sólidos, a classificação em Classe I (Perigoso), Classe II (Não Perigoso) é que determina o local adequado para sua disposição, sendo que a grande maioria destes resíduos gerados em laboratório são Classe I, exigindo sua disposição em aterros industriais. Porém, independentemente do resíduo ser sólido ou líquido, a destinação final deve sempre ser feita conforme normas e procedimentos exigidos pelo órgão estadual de proteção ambiental (JARDIM, [2002]).

De modo geral, Bendassoli ([2011], p. 6) conclui que “[...] existem diversos PGRQs implantados no Brasil atualmente, uns ainda em fase inicial, outros já obtendo bons resultados.” Porém, vale lembrar que o objetivo principal de um plano de gerenciamento se mantém para todos, enquanto que as etapas devem ser adaptadas e formuladas com base na atividade específica da unidade geradora e suas peculiaridades.

## 2.7 PROCESSO PRODUTIVO – PRODUÇÃO DE SILICATO DE SÓDIO

Segundo Bittencourt (2013), o silicato de sódio pode ser produzido industrialmente através do método hidrotérmico, onde a areia e hidróxido de sódio reagem em altas pressões e temperaturas, entretanto, o método da fusão alcalina ainda é o mais utilizado. Neste, o carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) e areia silicosa são alimentados e fundidos em fornos a aproximadamente  $1.300^\circ\text{C}$  para formar silicato de sódio sólido (figura 3a), segundo a reação abaixo:

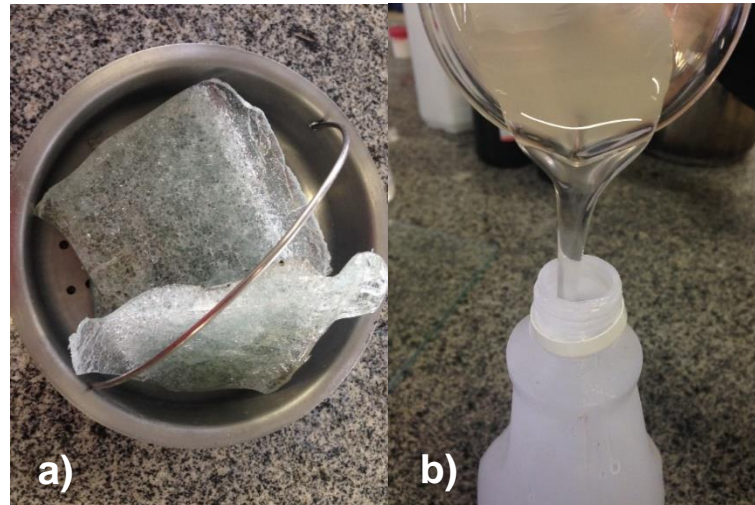


A dosagem de matérias-primas (carbonato de sódio e areia) é feita mecanicamente em proporções definidas de acordo com a relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$  (dióxido de silício e óxido de sódio) que se deseja produzir. A partir de então, a mistura é alimentada em alto forno onde ocorre a fusão do material entre  $1.200$  a  $1.600^\circ\text{C}$ , cujo aquecimento se dá pela queima de óleo combustível. O resultado desta reação é uma solução de vidro fundido que ao ser resfriada enrijece e fragmenta-se, formando o sólido vítreo de silicato de sódio. Este vidro, posteriormente é aquecido em bateladas juntamente com água em autoclaves, sob altas pressões e temperaturas, obtendo-se soluções aquosas de silicato de sódio (figura 3b) (BITTENCOURT, 2013).

Após atingirem certa densidade, as soluções são descarregadas das autoclaves e bombeadas para tanques de mistura, onde a densidade e a relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$  podem ser corrigidas, adicionando-se  $\text{NaOH}$  (hidróxido de sódio) para diminuir a relação, ou água para reduzir a densidade do produto. Caso a solução resultante apresente uma coloração muito escura, devido à presença de sujidades, o material deve passar por um filtro-prensa para adquirir uma aparência mais límpida. (BITTENCOURT, 2013, p. 16).



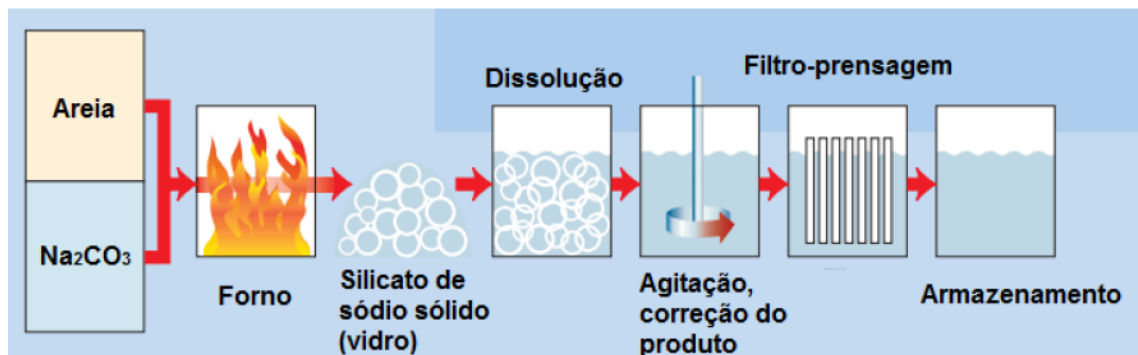
Figura 3 – a) Amostra de silicato de sódio vítreo; e b) Amostra de silicato de sódio líquido



Fonte: A autora, 2014

As etapas do processo produtivo de silicato de sódio são apresentadas na figura 4.

Figura 4 – Fluxograma contendo as etapas do processo de produção do silicato de sódio



Fonte: P&Q, 2004 *apud* Bittencourt, 2013

O tempo de dissolução depende da relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$ , visto que para relações mais baixas (com maiores teores de  $\text{Na}_2\text{O}$ ) a solubilização é mais fácil e mais rápida, gerando soluções de silicato com densidades mais altas. De forma contrária, a solubilidade do vidro decresce com o aumento do teor de  $\text{SiO}_2$ , por esse motivo soluções de silicato de sódio com relações mais altas são produzidas com densidades mais baixas (BITTENCOURT, 2013).

### 3 METODOLOGIA

A proposta deste trabalho tem como área de estudo o Laboratório de Controle de Qualidade de uma indústria química, cuja principal atividade é a fabricação e comercialização de silicatos de sódio, além do fornecimento de aditivos químicos para empresas do ramo cerâmico.

Dependendo do uso final do produto, a empresa produz silicatos de sódio com diferentes relações  $\text{SiO}_2\text{:Na}_2\text{O}$  e densidades, que conferem características específicas aos produtos, com vistas a atender às necessidades dos clientes.

A empresa conta com cerca de 25 funcionários e apesar de sua recente atuação no mercado, sua produtividade é representada por 980 toneladas de produtos/mês, sendo 81% destinados à indústria cerâmica, 9% à indústria de higiene e limpeza, 7% à indústria de papel e celulose, 2% à indústria têxtil e 1% às demais indústrias.

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O Laboratório de Controle de Qualidade da indústria química em questão, é responsável pelo monitoramento periódico das matérias-primas utilizadas no processo produtivo, e do produto nas fases final e de produção. Algumas análises permitem visualizar possíveis alterações ocasionadas por contaminação ao longo do processo, sendo as análises de densidade, viscosidade e relação  $\text{SiO}_2\text{:Na}_2\text{O}$  as responsáveis por identificar o tipo de silicato produzido. Também incluem-se, nas atividades do Laboratório, as análises de desenvolvimento de novos produtos e aditivos químicos, os quais variam constantemente e são realizadas quando solicitado.

Durante o procedimento analítico, são utilizados produtos químicos, indicadores, porções de silicato de sódio, matéria-prima e diversos reagentes para formulação, os quais, ao final da análise, contribuem para a geração de resíduos químicos, sendo estes alvo do gerenciamento deste trabalho.

Para melhor entendimento sobre a metodologia adotada, admitiram-se as seguintes definições:

- *Resíduo químico ou material residual*: gerado nas análises rotineiras, realizadas para controle de qualidade dos produtos nas fases final e de produção e nas análises “testes”, realizadas sempre que solicitado pelo Setor de Desenvolvimento da empresa e que tem como objetivo desenvolver formulações de aditivos e produtos para o ramo cerâmico. No caso em que as formulações atenderem ao desejado, as mesmas são armazenadas em embalagens para controle de qualidade ou enviadas ao cliente para testes externos; já no caso em que a amostra não atender ao desejado ou houverem erros de formulação, a mesma é descartada em bombonas, que na situação atual não são segregadas; e
- *Efluente*: gerado pelas quatro pias situadas no Laboratório de Controle de Qualidade, oriundo da lavagem de vidrarias e do piso do setor, visto que a forma de coleta se dá por uma canaleta aberta dentro do Laboratório. Tudo o que é lançado na pia, segue para esta canaleta coletora, que destina o efluente para três reservatórios localizado na parte externa do setor.

É importante enfatizar que a proposta de manejo se dará apenas aos resíduos químicos gerados nos métodos analíticos do Laboratório de Controle de Qualidade, não sendo abordados os resíduos químicos oriundos de Equipamentos de Proteção Individual – EPIs e demais materiais contaminados com produtos químicos na forma sólida.

### 3.2 MÉTODO DE PESQUISA

A elaboração da proposta de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos – PGRQ considerou como embasamento, a hierarquia de priorização da gestão de resíduos, a qual engloba desde a caracterização da(s) fonte(s) geradora(s), até o tratamento e disposição final dos resíduos gerados.

Segundo Jardim ([2002]), é primordial considerar três conceitos importantes, os quais devem ser entendidos por todos os envolvidos e permitirão conduzir, de forma adequada, a implantação e manutenção do PGRQ. Tais conceitos foram abordados no referencial deste trabalho e são retomados no decorrer das etapas aplicadas à metodologia.

Para tanto, fez-se necessária a busca por referências e dados secundários, os quais permitirão a definição de conceitos e o esclarecimento de termos importantes relacionados ao gerenciamento de resíduos, principalmente no que diz respeito aos resíduos químicos, sua forma de geração e classificação, as etapas de minimização, segregação, acondicionamento, identificação, coleta e armazenamento, reaproveitamento, tratamento e destinação final dos mesmos.

“Um plano de gerenciamento deve ser arquitetado em função da natureza dos materiais residuais gerados e das possibilidades técnicas e econômicas de implementar soluções para o problema, tendo sempre em vista a obediência às normas e regulamentos existentes sobre o assunto”. (FIGUERÊDO, 2006, p. 31-32).

Corroborando ao citado pela autora, cada Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos possui suas particularidades, e portanto, a metodologia utilizada neste estudo, adequou os procedimentos adotados por Figuerêdo (2006), Jardim ([2002]) e Bendassolli ([2011]) à realidade da indústria em questão, sendo estipuladas nove etapas que irão direcionar a elaboração da proposta do PGRQ. São elas:

- Diagnóstico;
- Inventário dos produtos e resíduos químicos;
- Minimização dos resíduos químicos;
- Segregação;
- Acondicionamento;
- Identificação;
- Coleta e armazenamento interno;
- Reaproveitamento (Reúso, Reciclagem e Recuperação); e
- Tratamento e Destinação Final.

### 3.3 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS

Embora o estudo não compreenda a implantação do plano proposto e considerando a não existência de um gerenciamento para os resíduos químicos da área em estudo, foi necessário conhecer o Laboratório de Controle de Qualidade e sua real situação quanto ao tema tratado, direcionando o planejamento de ações com vistas a situação desejada.

A realização de um diagnóstico inicial, para dar início às estratégias do planejamento e a elaboração da proposta de um PGRQ, levou em consideração o conhecimento dos processos internos do Laboratório, no que diz respeito as fontes geradoras de resíduos químicos e efluente, possibilitando dar continuidade as demais etapas deste trabalho. A metodologia aplicada se deu por meio de visitas *in loco*, registros fotográficos e encontro com os funcionários do setor.

Notou-se, por meio do diagnóstico, a existência de duas vertentes ao que se refere os resíduos químicos gerados. A primeira vertente considera os resíduos das análises diárias, decorrentes do próprio controle de qualidade; enquanto que a segunda vertente considera os resíduos gerados em análises não rotineiras, ou seja, aquelas feitas conforme solicitação e com o intuito de desenvolver novas formulações de aditivos e produtos, especificamente para o ramo cerâmico.

Desta forma, as etapas posteriores foram aplicadas separada ou concomitantemente para cada vertente, como apresentado no quadro 3.

Quadro 3 – Metodologia aplicada para as duas vertentes estabelecidas – Resíduos gerados nas análises rotineiras e Resíduos gerados nas análises não-rotineiras

Etapa	Vertentes	
	1ª – Resíduo Análises Rotineiras	2ª – Resíduo Análises Não Rotineiras
Inventário dos produtos e resíduos químicos		
Minimização dos resíduos químicos		
Segregação		
Acondicionamento		
Identificação		
Coleta e Armazenamento Interno		
Reaproveitamento (Reúso, Reciclagem e Recuperação)		
Tratamento e Destinação Final		

Fonte: A autora, 2014

Em concordância ao segundo conceito defendido por Jardim ([2002]), onde só é possível gerenciar aquilo que se conhece, Figuerêdo (2006) afirma que o instrumento básico do processo de gerenciamento é o inventário, e que o mesmo deve permitir acompanhar não só a movimentação de *produtos químicos*, mas também a geração e manejo dos *materiais residuais* gerados pelo uso desses produtos.

Para a construção do inventário, elaborou-se um questionário para coleta de dados (Apêndice A), entregue aos funcionários do Laboratório de Controle de

Qualidade, contendo perguntas relacionadas as atividades geradoras, ao uso de produtos químicos, a forma de descarte dos resíduos, além de um espaço para sugestões e melhorias. A partir das informações coletadas, foi feito um acompanhamento diário das atividades geradoras, em paralelo a um levantamento *in loco* dos produtos existentes e resíduos químicos gerados.

O inventário de produtos químicos resultou em uma listagem, contendo o nome do produto, fórmula molecular, periculosidade, estado físico e atividade de consumo.

Já o inventário dos resíduos químicos ou material residual levou em consideração duas linhas de trabalho: o *ativo ambiental* (resíduo gerado em atividades corriqueiras e usuais) e o *passivo ambiental* (resíduo gerado e estocado, aguardando destinação final).

Para o ativo ambiental, consideraram-se as vertentes estabelecidas no diagnóstico, obtendo-se como resultado uma listagem dos resíduos da primeira vertente. Apesar dos resíduos da segunda vertente constituírem-se em ativos ambientais, seus experimentos variam a cada análise, não sendo possível identificar os produtos químicos e quantidades utilizadas, somente as classes de segregação, com vistas ao reaproveitamento e/ou destinação final estabelecidas.

Para o passivo ambiental, levou-se em consideração a quantidade de resíduo armazenado até o momento, por meio da pesagem da bombona estocada e a presença de substâncias indicadas pelo gerador, além de produtos com validade ultrapassada. Não foi possível quantificar e determinar todas as substâncias presentes na bombona, já que não havia um controle dos descartes efetuados.

Semelhante à etapa de inventário, a minimização dos resíduos químicos corrobora ao conceito defendido por Jardim ([2002]), porém, desta vez ao primeiro conceito abordado, de que gerenciar resíduos significa “geração zero de resíduos”.

A minimização de materiais residuais ou resíduos químicos envolve qualquer ação que resulte tanto numa reutilização racional, segura e ambientalmente adequada de insumos, métodos e processos, como na consideração de que em muitos materiais residuais ou resíduos químicos gerados existe um potencial de reaproveitamento (FIGUERÊDO, 2006).

Levando em consideração as duas linhas de atendimento ao objetivo da minimização dos resíduos químicos, redução na fonte e reaproveitamento, foi necessário fazer uso dos dados coletados no inventário. Vale ressaltar, que

esgotando-se as possibilidades de redução na fonte, deve-se analisar todas as alternativas para reaproveitamento.

No que diz respeito a redução na fonte, foram analisadas as possibilidades de substituição de produtos químicos e alteração das análises junto aos funcionários do Laboratório, visto a experiência e vivência diária dos mesmos no assunto. Esgotadas as possibilidades de redução na fonte, ateve-se o foco em opções para reaproveitamento, como forma de minimizar os efeitos do descarte e disposição final do resíduo.

Dando sequência as etapas, a segregação na fonte permite viabilizar técnica e economicamente o reaproveitamento dos resíduos e possibilita o tratamento e disposição final dos mesmos. É necessária que a separação se dê de acordo com as características físicas, químicas e biológicas, estado físico e riscos envolvidos, evitando assim, possíveis limitações para os usos pretendidos (FIGUERÊDO, 2006).

A primeira etapa do processo de segregação foi a realização de uma triagem para identificar se o material gerado é perigoso ou não; se os estados físicos, substâncias presentes e propriedades químicas são compatíveis; e se o tipo de uso, tratamento e disposição final propostos são semelhantes.

Como referência, utilizaram-se classes de segregação adotadas por duas instituições de ensino e pesquisa nacionais, sendo elas a UNICAMP e USP Campus de São Carlos, ambas do estado de São Paulo (FIGUERÊDO, 2006). Vale destacar, que para atender a realidade e particularidades da área de estudo, adotou-se uma nova listagem com classes de segregação, em conjunto com os funcionários do Laboratório, e após definidas as classes, concluiu-se que os resíduos da primeira vertente seriam melhor aproveitados se diluídos no efluente do Laboratório, em relação a sua segregação. Logo, as metodologias atreladas à segregação (acondicionamento e identificação) tiveram como enfoque os resíduos da segunda vertente.

Com as classes de segregação definidas, o acondicionamento vem assegurar a efetividade da metodologia empregada, por meio do uso de embalagens adequadas às características químicas e físicas dos resíduos segregados e o volume gerado.

Na área em estudo, os produtos químicos já chegam em embalagens apropriadas às suas características e volume, porém, o enfoque desta etapa se deu aos resíduos químicos submetidos à segregação, onde a escolha da embalagem mais

adequada dependeu da possibilidade de reaproveitamento ou não, das substâncias existentes no resíduo segregado e das quantidades geradas.

A seleção priorizou o uso de embalagens plásticas de polietileno, sendo escolhidas bombonas com volumes menores para a coleta no Laboratório e bombonas com volumes maiores para armazenamento no entreposto setorial (local secundário, próprio para armazenar os resíduos que aguardam tratamento externo ou destinação final).

Integrado às etapas anteriores, a identificação objetiva informar as características do resíduo, com o objetivo de assegurar a efetividade da segregação firmada.

Conhecendo-se as recomendações dadas pela NBR 16725/2011, abordada no referencial deste trabalho, e as informações essenciais a rotulagem de resíduos químicos, criou-se um modelo de rótulo, levando em consideração a simbologia de risco da *National Fire Protection Association – NFPA*, dos Estados Unidos da América, também conhecida como Diagrama de *Hommel*, para a identificação da periculosidade.

Conforme observado na figura 5, cada um dos losangos expressa um determinado tipo de risco, sendo a cor vermelha referente a inflamabilidade, a cor azul aos riscos à saúde, a cor amarela à reatividade e a cor branca à riscos específicos.

Figura 5 – Diagrama de *Hommel*



Fonte: LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – SÃO CARLOS, [20--]



O grau de periculosidade é aplicado à esta metodologia, conforme quadro

4.

Quadro 4 – Grau de periculosidade para a inflamabilidade, riscos à saúde, reatividade e riscos específicos, conforme modelo de classificação adotado pela NFPA – Diagrama de *Hommel*

Graus de Periculosidade			
Inflamabilidade	Riscos à Saúde	Reatividade	Riscos Específicos
4 – Abaixo de 23°C	4 – Letal	4 – Pode explodir	OX – Oxidante
3 – Abaixo de 38°C	3 – Muito Perigoso	3 – Pode explodir com choque mecânico ou calor	ACID – Ácido
2 – Abaixo de 93°C	2 – Perigoso	2 – Reação química violenta	ALK – Álcali (Base)
1 – Acima de 93°C	1 – Risco Leve	1 – Instável se aquecido	COR – Corrosivo;
0 – Não queima	0 – Material Normal	0 – Estável	W - Não misture com água

Fonte: LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – SÃO CARLOS, [20--]

O modelo de rótulo empregado, aliou o Diagrama de *Hommel* e as informações indicadas pela NBR 16725/2011, como identificação de “RESÍDUO QUÍMICO”; composição química do resíduo; setor gerador, telefone e nome dos responsáveis pela geração; datas de início e fim de acumulação; frases de precaução contendo informações de perigo físico, como evitar potencial uso indevido e exposição à saúde, medidas em casos de acidentes e para proteção ambiental, medidas apropriadas de destinação; além de conter a frase “A Ficha com dados de segurança do resíduo químico (FDSR) perigosos pode ser obtida por meio...”, sendo completada com informações como telefone de emergência, site, etc.

Enquanto as embalagens não são complementadas, as mesmas ficam armazenadas dentro do próprio Laboratório, e após cheias, elas devem ser descartadas em bombonas maiores, localizadas num segundo local de armazenamento, chamado entreposto setorial. A escolha do local foi definida de acordo com as condições mínimas de armazenamento e as necessidades das classes de segregação, levando em consideração alguns princípios, como: (FIGUERÊDO, 2006):

- Estoque seguro e apropriado das substâncias químicas;
- Área compatível ao tamanho das embalagens.
- Manipulação segura das substâncias químicas estocadas;

- Separação das substâncias químicas incompatíveis;
- Identificação de todos os recipientes;
- Minimização do tempo de acumulação das substâncias químicas;
- Inspeção periódica das áreas de estocagem;
- Controle do fluxo dos materiais;
- Contenção dos frascos, por meio de bandejas de contenção.

Para os resíduos da primeira vertente, decidiu-se por seguir a linha de reaproveitamento quando diluídos no efluente do Laboratório, sendo assim, tais resíduos seguiram a mesma metodologia de coleta e armazenamento do efluente.

Ingressando ao tema reaproveitamento, conceitua-se resíduo como:

[...] materiais remanescentes de apropriações, processos, ensaios, atividades, com data de validade expirada ou não, e que apresentam um potencial de reaproveitamento, seja por reúso, na forma em que foram gerados, ou por reciclagem e recuperação, mediante tratamento prévio. (FIGUEREDO, 2006, p. 120).

Atentando ao citado, considerou-se como ponto determinante ao reaproveitamento dos resíduos da primeira vertente, no processo produtivo da empresa, a diluição destes no efluente. Para tanto, foi preciso analisar a viabilidade e estabelecer uma porcentagem máxima de reúso do aqui denominado efluente composto, por meio de testes de simulação.

Para analisar a viabilidade de reúso do efluente composto (resíduo da primeira vertente mais lavagem das vidrarias e piso do Laboratório), foram definidos, juntamente com os funcionários do Laboratório de Controle de Qualidade, os parâmetros que podem vir a interferir na formulação do silicato de sódio e que, portanto, devem conter quantidades mínimas ou inexistentes.

Os parâmetros selecionados para análise foram:

- Presença de cálcio: a presença significativa de cálcio na água para processamento, compete com o sódio na dissolução do silicato vítreo, formando o silicato de cálcio. Este, por ser um produto insolúvel em água, vitrifica-se, condenando o restante do produto;
- Presença de sólidos: particularmente os sólidos em suspensão, os quais contaminam o produto na formulação do silicato vítreo; e
- pH abaixo de 8,5: para a produção do silicato de sódio, é necessário que o ambiente seja alcalino.

De início, resolveu-se por monitorar o pH do efluente composto durante o período de vinte e oito dias, tempo este escolhido para abranger as diversas variações existentes no lançamento do efluente e número de análises realizadas.

As amostras de efluente composto eram coletadas na saída da canaleta/entrada dos reservatórios, e devido a possíveis alterações, o pH era medido no próprio Laboratório de Controle de Qualidade, em pHmetro digital, modelo PHD-3D pH Meter, marca Sanxin. Os dados eram anotados e repassados para uma planilha de Excel, para controle diário.

A vazão também foi monitorada, e devido a alta oscilação apresentada (variando de 0,03 L/h até 360 L/h), viu-se a necessidade de coletar uma amostra composta para realização das análises complementares. Para tanto, foram realizadas coletas diárias de 250 mL, durante o período de quinze dias, na saída da canaleta/entrada do reservatório. Para mistura das amostras, as mesmas eram armazenadas em galão de cinco litros e mantidos sob refrigeração.

Após atingido o volume total de 3,75 litros, o galão foi encaminhado ao Laboratório de Análises de Águas e Efluentes, no Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – IPAT, onde as análises de cálcio, sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais e sólidos sedimentáveis, foram realizados.

Determinada a viabilidade de reúso do efluente composto, partiu-se para a etapa de determinação da porcentagem máxima de reutilização deste material.

Conforme descrição do processo de produção de silicatos de sódio, apresentado no referencial deste trabalho, a etapa de produção que leva água em seu processo é a autoclave, responsável por dissolver o silicato vítreo por meio de pressões e temperaturas estabelecidas. Desta forma, os testes consistiram em simular as autoclaves por meio de painéis de pressão, as quais já são utilizadas pelo Laboratório para esta finalidade.

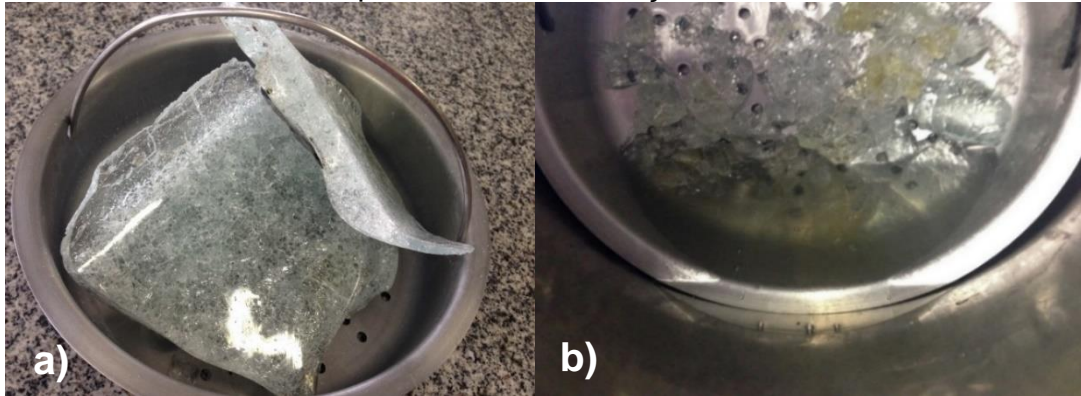
Os testes basearam-se em realizar comparações entre amostras diluídas em água tratada e amostras diluídas em porcentagens adotadas de efluente composto. Para a realização do teste, primeiramente era solicitado ao operador do forno a coleta de amostras de silicato vítreo, conforme figura 6a.

Em seguida, parte da amostra era adicionada à “painel de pressão”, e preenchida com água tratada, até altura mínima para dissolução.

Com a painel fechada, a mesma era colocada sobre um Bico de Bunsen por cerca de duas horas ou até observada a diluição do silicato vítreo, conforme figura

6b. Vale destacar que havendo uma porção significativa de silicato dissolvido, pode-se finalizar o experimento, não havendo necessidade de dissolução total.

Figura 6 – a) Amostra de silicato de sódio vítreo; e b) Parte do silicato de sódio dissolvido, em experimento de simulação da autoclave



Fonte: A autora, 2014

Após dissolvido, uma amostra do silicato líquido era reservada para posterior análise da relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$  e comparação, conforme figura 7.

Figura 7 – Amostra final do silicato de sódio dissolvido em teste simulação da autoclave



Fonte: A autora, 2014

Em sequência, com a mesma amostra de silicato vítreo dissolvida, o experimento era repetido, porém utilizando-se porcentagens de efluente composto diluído em água tratada.

As amostras de efluente composto eram coletadas no reservatório de armazenamento e recebimento do efluente, localizado do lado externo do Laboratório e diluídas em água tratada, em béquero de 4 litros. Vale ressaltar que se definiu o uso do mesmo silicato em ambos os testes, visto que não há uma uniformidade na produção do silicato vítreo, e portanto poderiam ocorrer valores diferentes para amostras distintas; e que a coleta do efluente composto se deu no reservatório, visto que para reúso, o processo possivelmente ocorrerá por bombeamento, apresentando assim valores próximos ao real. Da mesma maneira, após dissolvido e finalizado o experimento, uma nova amostra era reservada.

Para o experimento comparativo, adotaram-se porcentagens de 5%, 10%, 20%, 50% e 80% de efluente composto diluído em água tratada, e ao fim de cada teste, as amostras eram submetidas às análises da relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$ , onde o objetivo era comparar a composição dos dois produtos, com vistas a determinar a porcentagem máxima de reúso sem interferência na qualidade do produto final.

Os demais resíduos da segunda vertente, por apresentarem constantes variações, tanto na sua formulação, quanto na sua metodologia, foram classificados como não reaproveitáveis internamente, devendo seguir para tratamento (se viável) e/ou destinação final adequada.

A partir dos resultados obtidos nas análises de viabilidade e nos experimentos de determinação da porcentagem máxima para reaproveitamento, foi possível definir a necessidade de tratar previamente o efluente ou não.

Com os resultados confirmatórios, é válido dizer que não há necessidade de tratamento para o efluente composto, visto sua viabilidade direta no processo produtivo. Entretanto, no caso de os resultados serem desfavoráveis ou apresentarem limitações de reúso, deve-se analisar tais impedimentos, afim de determinar um tratamento que viabilize um maior reaproveitamento deste efluente composto, visto seu potencial para tal estratégia.

Em se tratando dos demais resíduos da segunda vertente, verificaram-se opções de reaproveitamento e destinação final. Para as escolhas, levou-se em consideração a viabilidade técnica de cada uma, já que a quantidade gerada nesta vertente é pequena e muito variável.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

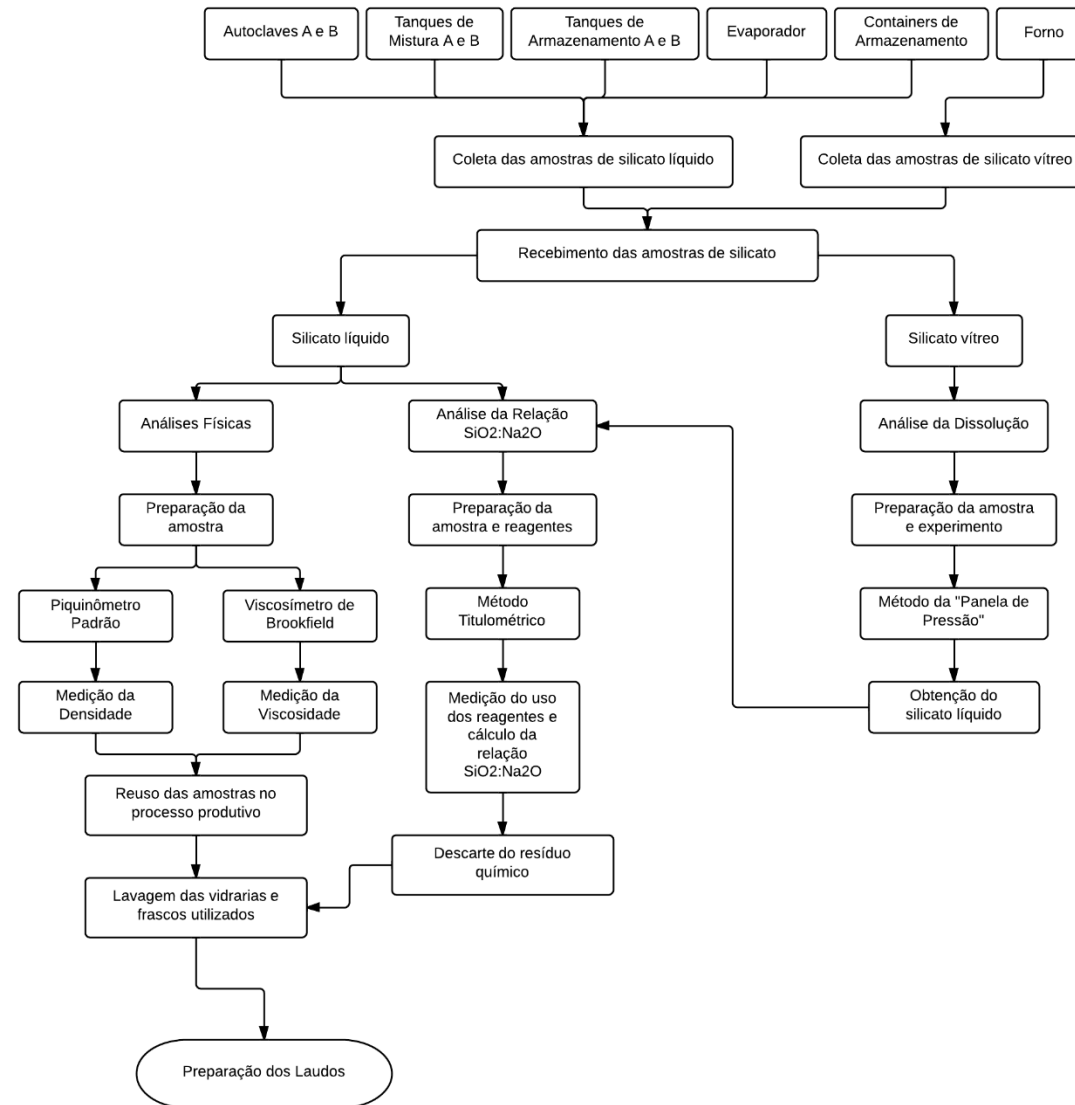
### **4.1 DIAGNÓSTICO**

O Laboratório de Controle de Qualidade da indústria química em questão conta com dois funcionários e um estagiário, sendo de responsabilidade dos mesmos o controle e emissão de laudos referentes ao produto nas fases final e de produção e das matérias-primas utilizadas no processo produtivo, visando a verificação de suas composições. Também inclui-se nas atividades do Laboratório, a formulação de novos aditivos ou produtos químicos para o ramo cerâmico, sempre que solicitado pelo setor de Desenvolvimento da empresa.

Para que fosse possível propor um Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos – PGRQ para a área em estudo, fez-se necessário o levantamento de todos os processos internos, os quais possibilitaram identificar as atividades geradoras de resíduos e as linhas de trabalho da proposta.

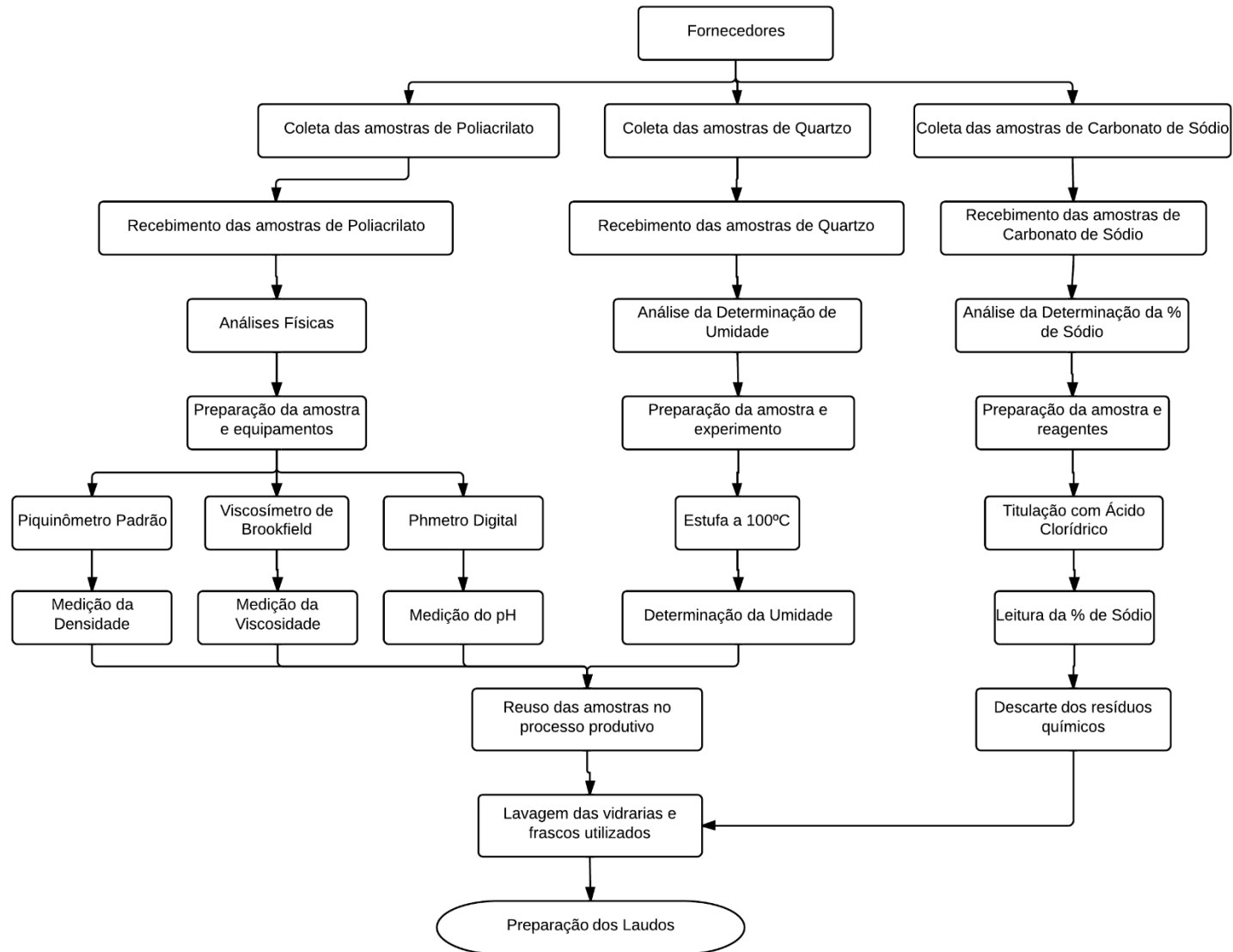
Nas figuras 8, 9 e 10 são apresentadas as etapas dos processos de análises de silicato de sódio vítreo e líquido, de análises das matérias-primas, e de análises de formulação de novos aditivos e produtos para o ramo cerâmico, respectivamente.

Figura 8 – Fluxograma do processo das análises de silicato de sódio vítreo e líquido – produto nas fases final e de produção



Fonte: A autora, 2014

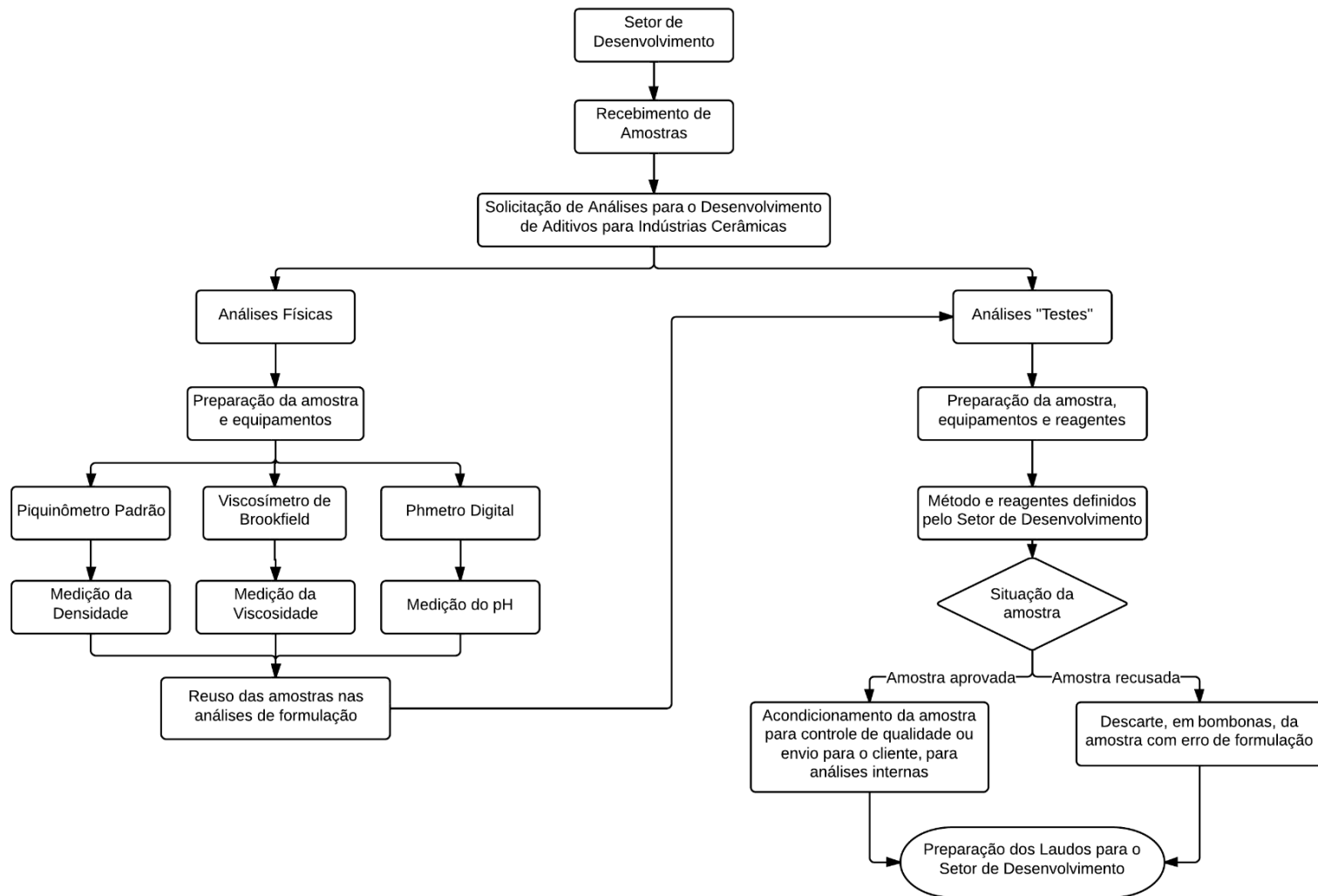
Figura 9 – Fluxograma do processo das análises de matéria-prima – quartzo, carbonato de sódio, poliacrilato e outros



Fonte: A autora, 2014



Figura 10 – Fluxograma do processo de formulação de novos aditivos e produtos para o ramo cerâmico – solicitado pelo setor de Desenvolvimento da empresa



Fonte: A autora, 2014

Como observado na figura 8, as análises referentes ao silicato vítreo e líquido constituem-se tanto por análises físicas – densidade e viscosidade, quanto por análise química – análise da relação  $\text{SiO}_2\text{:Na}_2\text{O}$ , responsável por caracterizar o produto fabricado e, devido a utilização de reagentes e produtos químicos, é considerada uma atividade geradora de resíduo químico, tendo como destino final o descarte na pia do Laboratório.

Para as matérias-primas, figura 9, nota-se também a existência de análises físicas – densidade, viscosidade, pH e determinação de umidade, e análise química – determinação da porcentagem de sódio para o carbonato de sódio. Nas análises físicas citadas, há o reúso das amostras no processo produtivo da empresa, visto que os experimentos não consideram o uso de reagentes; já o resíduo gerado na análise química tem como destino final o descarte na pia do Laboratório.

Considerando as análises de formulação de novos aditivos e produtos, figura 10, observa-se a realização de análises físicas – densidade, viscosidade e pH, e também análises “testes”, que levam produtos químicos e reagentes em sua formulação, entretanto variam sua metodologia e experimentos constantemente, de acordo com o solicitado pelo setor de Desenvolvimento da empresa. Neste caso em específico, julgou-se apropriado segregar os resíduos que forem gerados (no caso de amostras recusadas), para ser possível o seu tratamento (se viável) e sua destinação final adequada. Vale ressaltar que no caso de formulações aprovadas, as amostras são armazenadas para controle de qualidade ou então enviadas ao cliente para testes externos.

## 4.2 INVENTÁRIO DOS PRODUTOS E RESÍDUOS QUÍMICOS

Dando sequência as etapas estabelecidas para o PGRQ proposto, tem-se o inventário dos produtos químicos e resíduos químicos gerados.

Por meio do levantamento *in loco*, foi possível identificar os produtos químicos perigosos existentes no Laboratório de Controle de Qualidade e assim organizá-los em um quadro (Quadro 5) contendo nome, fórmula molecular, periculosidade, estado físico e atividade de consumo.

Neste inventário, somente foram levantados os produtos químicos considerados perigosos, não sendo retratados aqui os demais produtos assim não considerados.

Quadro 5 – Inventário de produtos químicos

Nome do Produto	Fórmula Molecular	Periculosidade	Estado Físico	Atividade de Consumo
Ácido Clorídrico	HCl – H <sub>2</sub> O	Corrosivo	Líquido	Análise relação SiO <sub>2</sub> :Na <sub>2</sub> O e Determinação % de Sódio
Aguarras	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	Inflamável	Líquido	Formulação de Impermeabilizantes
Fluoreto de Sódio	NaF	Tóxico	Líquido	Análise relação SiO <sub>2</sub> :Na <sub>2</sub> O
Hidróxido de Amônio	NH <sub>4</sub> OH – H <sub>2</sub> O	Corrosivo	Líquido	Análises de dureza (ainda não realizadas)
Hidróxido de Potássio (lentilhas)	KOH	Corrosivo	Sólido (lentilhas)	Análise relação SiO <sub>2</sub> :Na <sub>2</sub> O
Hidróxido de Sódio	NaOH – H <sub>2</sub> O	Corrosivo	Líquido	Reagente para Formulação de Amostras
Hidróxido de Sódio (lentilhas)	NaOH	Corrosivo	Sólido (lentilhas)	Preparação de solução
Percloroetileno	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	Tóxico	Líquido	Reagente para Formulação de Amostras
Peróxido de Hidrogênio	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> – H <sub>2</sub> O	Oxidante	Líquido	Reagente para Formulação de Amostras
Policloreto de Alumínio	Al <sub>n</sub> (OH) <sub>m</sub> (Cl <sub>3</sub> ) <sub>n-m</sub>	Corrosivo	Líquido	Reagente para Formulação de Amostras
Querosene	C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub>	Líquido Inflamável	Líquido	Limpeza em geral (quando necessário)

Fonte: A autora, 2014

Os resíduos químicos são gerados como ativos ou passivos ambientais. O inventário do passivo tem como objetivo identificar qualitativa e quantitativamente o resíduo gerado, acumulado e armazenado na unidade geradora. Já o inventário do ativo ambiental objetiva identificar qualitativa e quantitativamente o resíduo que está sendo gerado nas atividades rotineiras da unidade geradora (FIGUERÊDO, 2006).

O passivo ambiental existente no Laboratório de Controle de Qualidade consiste de erros na formulação ou tempo de mistura nas análises “testes”, o qual é descartado em uma bombona de 5litros, armazenada no próprio setor, sem identificação e contendo cerca de 6,0kg de material, conforme figura 11.

Figura 11 – Bombona de armazenamento dos passivos ambientais – erros de formulação nas análises “testes” e sem identificação



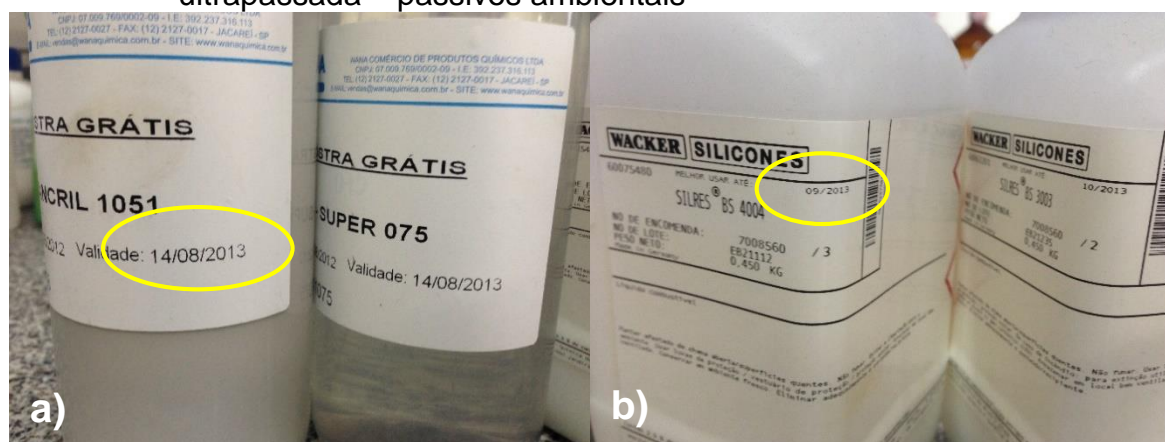
Fonte: A autora, 2014

A não segregação e controle destas amostras no momento do descarte, acabaram por gerar um resíduo de difícil identificação e caracterização, não sendo possível seu relato no inventário. De acordo com os funcionários do Laboratório, o descarte vem sendo feito há cerca de um ano e a geração é esporádica, entretanto, concentrações de solventes, ácidos e resinas são encontrados, o que propicia um direcionamento à destinação final. É importante destacar que após a implantação da proposta deste PGRQ, as amostras rejeitadas nas análises de formulação serão quantificadas e qualificadas, e o seu descarte se dará por classes de segregação definidas, sendo possível então, estabelecer um inventário para estes resíduos.

Por ser um Laboratório de Controle de Qualidade, há o armazenamento diário de amostras de produto final para controle interno, e desta forma, também são formados resíduos de silicato de sódio acabados, os quais, após um ano acondicionados, são reutilizados no próprio processo produtivo, evitando seu acúmulo e deterioração.

Também encontram-se como passivos alguns produtos com validade ultrapassada, os quais aguardam destinação final e são representados por resinas e silicones, conforme figuras 12a e 12b, respectivamente.

Figura 12 – a) Resinas com validade ultrapassada; e b) Silicones com validade ultrapassada – passivos ambientais



Fonte: A autora, 2014

Neste caso, conhecendo-se a composição dos produtos por meio das etiquetas, torna-se possível propor meios de destinação final ou até mesmo formas de reaproveitamento, apresentadas mais a frente.

Já no que se refere os ativos ambientais, observa-se, nos três processos internos, a geração de resíduos apenas para as análises químicas, visto que nas demais análises as amostras são reutilizadas no próprio processo produtivo, exatamente por não levarem dosagens de produtos químicos e/ou reagentes nos experimentos.

Desta forma, o inventário de ativos ambientais englobou apenas as análises químicas da relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$  e determinação da % de sódio presente na matéria-prima carbonato de sódio, sendo apresentadas na tabela 1 o nome do produto químico e quantidade utilizada para cada atividade de consumo.

Tabela 1 – Inventário de resíduos químicos – ativo ambiental, oriundo das análises da relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$  e determinação da % de sódio (continua)

Atividade de Consumo	Nome do Produto/Reagente	Quantidade Utilizada/Experimento
Análise relação $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$	Ácido Clorídrico 1N	35mL
Análise relação $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$	Água Deionizada	50mL
Análise relação $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$	Fluoreto de Sódio 4%	60mL
Análise relação $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$	Hidróxido de Potássio 0,5 N	17mL
Análise relação $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$	Indicador Azul de Metileno 1%	08mL
Análise relação $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$	Silicato de Sódio <sup>1</sup>	01g
Análise relação $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$	Indicador Vermelho de Metila 0,1%	03mL

<sup>1</sup>Nota: Considerando que a densidade média do silicato de sódio alcalino produzido seja de 1,58g/cm<sup>3</sup>, pode-se dizer que 01 grama do produto equivale a 0,63cm<sup>3</sup> ou 0,63mL.

Tabela 1 – Inventário de resíduos químicos – ativo ambiental, oriundo das análises da relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$  e determinação da % de sódio (conclusão)

Atividade de Consumo	Nome do Produto/Reagente	Quantidade Utilizada/Experimento
Análise Determinação % Sódio	Ácido Clorídrico 1N	20mL
Análise Determinação % Sódio	Água Deionizada	50mL
Análise Determinação % Sódio	Carbonato de sódio <sup>2</sup>	01g

Fonte: A autora, 2014

De acordo com os funcionários do Laboratório, são realizadas em média 210 análises da relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$  e 08 análises da determinação da % de sódio, mensalmente.

Considerando que a cada análise da relação são gerados 173,63mL de resíduo químico, pode-se dizer que são gerados aproximadamente 36,4m<sup>3</sup> de resíduo químico por mês, somente para este tipo de análise. Em relação a análise da determinação de sódio, são gerados cerca de 71,00mL de resíduo químico por análise, o que significa dizer que são gerados aproximadamente 0,57L de resíduo químico por mês, para este método específico.

Somando as duas gerações, sem considerar a diluição no efluente do Laboratório, são gerados mensalmente cerca de 36,463m<sup>3</sup> de resíduos químicos, sendo estes os representantes da primeira vertente do trabalho.

#### 4.3 APLICAÇÕES PARA A PRIMEIRA VERTENTE

Como melhor forma de apresentar os resultados para a proposta do PGRQ, este item abordará as demais fases que possuem concordância à primeira vertente de resíduos químicos estabelecida neste trabalho, ou seja, aqueles resíduos gerados nas atividades rotineiras do Laboratório de Controle de Qualidade.

##### 4.3.1 Minimização

Considerando as duas linhas para atender a minimização de resíduos químicos e admitindo a real situação do Laboratório de Controle de Qualidade e suas

<sup>2</sup>Considerando que a densidade média do carbonato de sódio utilizado seja de 1,02g/cm<sup>3</sup>, pode-se dizer que 01 grama do produto equivale a 0,98cm<sup>3</sup> ou 0,98mL.

necessidades, concluiu-se, em conjunto com os funcionários do setor, que a redução dos resíduos da primeira vertente na fonte é inviável, já que os experimentos utilizados constituem-se em métodos de pequena escala e atendem as exigências do setor e parâmetros analisados, além da aplicação de metodologias padrões para os procedimentos analíticos.

A opção sugerida, no sentido de reduzir o uso de produtos químicos e a consequente geração de resíduos químicos, referiu-se a padronização do número de análises referentes ao controle de qualidade. Como já comentado, são realizadas diariamente, uma média de sete análises da relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$ , porém, dependendo das condições da produção, este número pode crescer em até quinze análises.

Neste sentido, levou-se em pauta tal opção, para que em conjunto com os funcionários do Laboratório, fosse discutida sua validade. Apesar da importância em padronizar o número de análises, tal ação seria impossibilitada, visto que há uma alta variação na produção de silicato, bem como do número de vendas de produtos analisados, o que leva a concluir que a padronização não seria aplicável.

Não sendo possível a redução na fonte, observou-se, em conjunto com os demais funcionários do Laboratório, os meios de reaproveitamento para os resíduos, os quais pareceram possuir boas condições de reúso quando diluídos no efluente do setor, oriundo da lavagem das vidrarias e demais limpezas. Tal assunto é abordado mais a frente.

#### **4.3.2 Coleta e Armazenamento Interno**

As etapas de segregação, acondicionamento e identificação não foram aplicadas à esta vertente devido a opção principal de reutilização dos resíduos quando diluídos no efluente do Laboratório. Tal decisão despreza as ações de segregação, já que os resíduos serão misturados e diluídos no efluente; as ações de acondicionamento, visto que este efluente composto será acondicionado em reservatórios, atualmente utilizados para tal finalidade; e ações de identificação, uma vez que os reservatórios são de uso restrito para tal uso.

Corroborando ao citado, para os resíduos serem diluídos no efluente e assim serem submetidos ao reúso, os mesmos devem ser descartados nas pias do Laboratório, que terão sua forma de coleta por meio de uma canaleta, situada no interior do Laboratório (figura 13), responsável por conduzir este efluente composto

para um sistema de armazenamento, constituído por três reservatórios e chicanas (figura 14), situado no lado externo do setor. Tal sistema foi dimensionado e construído para o tratamento de efluentes de fritas, atividade realizada anteriormente no local. Como forma de reaproveitamento do sistema, o mesmo é utilizado atualmente, para a destinação dos efluentes gerados no Laboratório de Controle de Qualidade.

Figura 13 – Canaleta situada no interior do Laboratório de Controle de Qualidade – responsável por coletar o efluente das quatro pias, e lavação do piso do setor



Fonte: A autora, 2014

O reservatório da esquerda recebe o efluente e é interligado ao reservatório da direita, por meio de uma tubulação e servindo de reserva em casos de alta vazão. Uma outra tubulação presente no primeiro reservatório, porém em nível mais baixo, conduz o efluente às chicanas, que apenas servem para conduzir o efluente ao terceiro reservatório, este de maior volume.



Figura 14 – Sistema de armazenamento do efluente oriundo do Laboratório de Controle de Qualidade a) Reservatórios; e b) Chicanas, responsável pelo repasse do efluente ao terceiro reservatório de armazenamento



Fonte: A autora, 2014

#### 4.3.3 Reaproveitamento

A decisão dos resíduos químicos da primeira vertente serem diluídos no efluente do Laboratório e reutilizados no processo de produção do silicato de sódio, surgiu em conversa com os funcionários do Laboratório, já que a primeira linha de atendimento à minimização não seria possível.

A princípio, de acordo com os funcionários, a diluição viabilizaria a reutilização dos resíduos químicos, e considerando as substâncias descartadas na pia, não existiriam limitações para tal estratégia.

Sendo assim, decidiu-se por monitorar o pH do efluente composto, fator primordial para a produção de silicatos de sódio, durante o período de vinte e oito dias. Os resultados deste monitoramento são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Valores de pH do efluente composto, durante monitoramento de vinte e oito dias (continua)

Data de Coleta	pH
10/03/2014	11,42
11/03/2014	11,17
12/03/2014	11,44
13/03/2014	11,23
14/03/2014	11,10
17/03/2014	11,28
18/03/2014	11,33
19/03/2014	11,42
20/03/2014	11,28
21/03/2014	11,39
24/03/2014	11,38

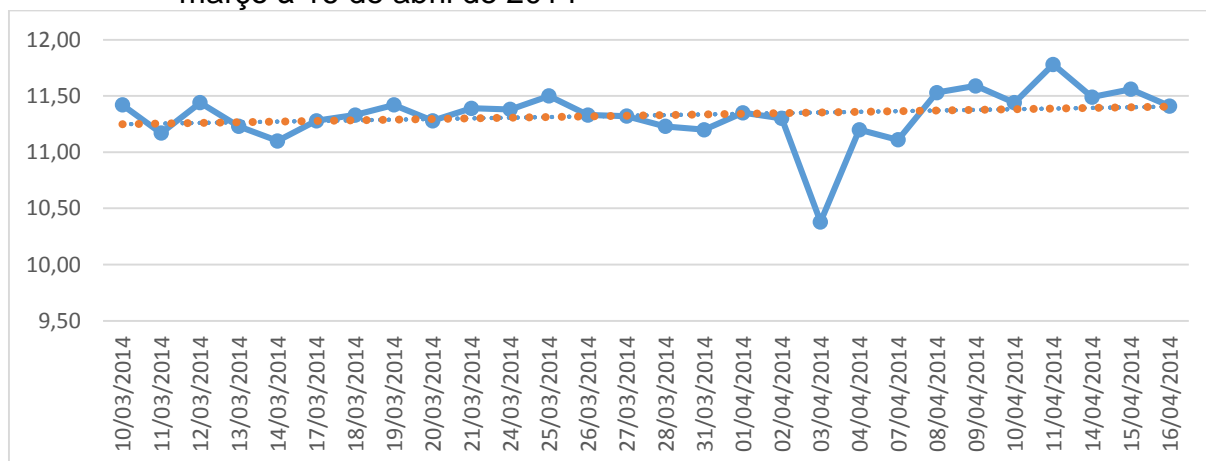
Tabela 2 – Valores de pH do efluente composto, durante monitoramento de vinte e oito dias (conclusão)

Data de Coleta	pH
25/03/2014	11,50
26/03/2014	11,33
27/03/2014	11,32
28/03/2014	11,23
31/03/2014	11,20
01/04/2014	11,35
02/04/2014	11,30
03/04/2014	10,38
04/04/2014	11,20
07/04/2014	11,11
08/04/2014	11,53
09/04/2014	11,59
10/04/2014	11,44
11/04/2014	11,78
14/04/2014	11,49
15/04/2014	11,56
16/04/2014	11,41

Fonte: A autora, 2014

Graficamente, a figura 15 apresenta a variação do pH ao longo do período de monitoramento, de 10 de março a 06 de abril de 2014.

Figura 15 – Gráfico com a variação de pH do efluente composto, entre os dias 10 de março à 16 de abril de 2014



Fonte: A autora, 2014

É possível observar, pela média linear em vermelho, que houve uma constante nos valores de pH, sendo esta mantida durante a maior parte do período. Porém, também notam-se algumas variações mais acentuadas, nos dias 03 e 11 de abril.

Considerando que o pH da água utilizada no processo de produção do silicato de sódio deve ser alcalino, preferencialmente acima de 8,5, pode-se dizer que, mesmo com as alterações observadas, o efluente atende a este requisito mínimo para reutilização.

Dando continuidade a análise da viabilidade de reúso, o efluente composto foi submetido a análises complementares de cálcio, sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos sedimentáveis totais (SST), sólidos suspensos (SS) e sólidos totais (ST), sendo estes o restante dos pré-requisitos para o reaproveitamento.

A tabela 3 apresenta os valores obtidos nas análises realizadas pelo Laboratório de Águas e Efluentes Industriais – LAEI localizado no Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – IPAT. O relatório emitido pelo Laboratório encontra-se no Anexo C deste trabalho.

Tabela 3 – Resultado das análises de cálcio, sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos sedimentáveis (SS), sólidos suspensos totais (SST) e sólidos totais (ST), para o efluente composto – análises complementares para análise da viabilidade de reúso

Parâmetro	Resultado	Mínimo Detectável
Cálcio (mg.L <sup>-1</sup> )	1,87	0,01
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	5.821	10
Sólidos Sedimentáveis (mL.L <sup>-1</sup> )	< 0,1	0,1
Sólidos Suspensos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	202	10
Sólidos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	6.023	10

Fonte: LAEI – IPAT, 2014

Nota-se em primeiro lugar, a alta concentração de sólidos totais, que por sua vez são representados em sua maioria, pelos sólidos dissolvidos totais. Tal resultado pode ser explicado pelo descarte representativo de silicato de sódio, presente no momento da lavagem das vidrarias, embalagens de coleta de amostras e demais atividades correlatas, o qual, por ser solúvel em água, dissolve-se juntamente com os sólidos presentes no produto.

A Resolução do CONAMA 430/2011 e a Lei Estadual 14.675/2009 não estabelecem padrões de emissão de efluentes para sólidos dissolvidos. Contudo, caso este efluente fosse despejado em corpos d'água, deveria ser avaliada a possibilidade de alteração da qualidade do corpo receptor, visto que de acordo com a Resolução do CONAMA 357/2005, a concentração de sólidos dissolvidos totais em cursos d'água Classe I e Classe III é de 500mg.L<sup>-1</sup>.

De qualquer forma, a atenção é voltada à reutilização do efluente na produção do silicato de sódio. Pelas características do efluente: elevado valor de pH, baixa concentração de cálcio e turbidez; presume-se que os sólidos dissolvidos são compostos pelo próprio silicato de sódio, não limitando o reúso deste efluente.

O outro ponto importante a se considerar é a concentração de cálcio. Este, quando presente, concorre com o sódio na reação para formulação do silicato, sendo um impeditivo caso a concentração seja elevada. Contudo, o resultado da análise mostra que a concentração medida é relativamente baixa, viabilizando o reúso do efluente para este parâmetro.

Vale lembrar, que mesmo sem analisar a presença de sódio no efluente, é possível presumir que há uma concentração significativamente maior desta substância, se comparada a de cálcio. Esta concentração significativa encontra-se no próprio silicato de sódio, o qual é descartado corriqueiramente no efluente do Laboratório, e conseqüentemente afere esta característica ao efluente composto.

Conclui-se, portanto, que os resultados analíticos do efluente composto bruto apontam para o alto potencial de reutilização no processo de produção do silicato de sódio, sendo o próximo passo o teste prático para se estabelecer a porcentagem máxima de efluente composto permitida no processamento do produto.

As análises de simulação da autoclave, representadas pela “panela de pressão”, levaram em consideração o uso de 5%, 10%, 20%, 50% e 80% de efluente composto diluído em água tratada. Para comparação, os testes eram iniciados com água tratada e depois repetidos com as porcentagens estabelecidas.

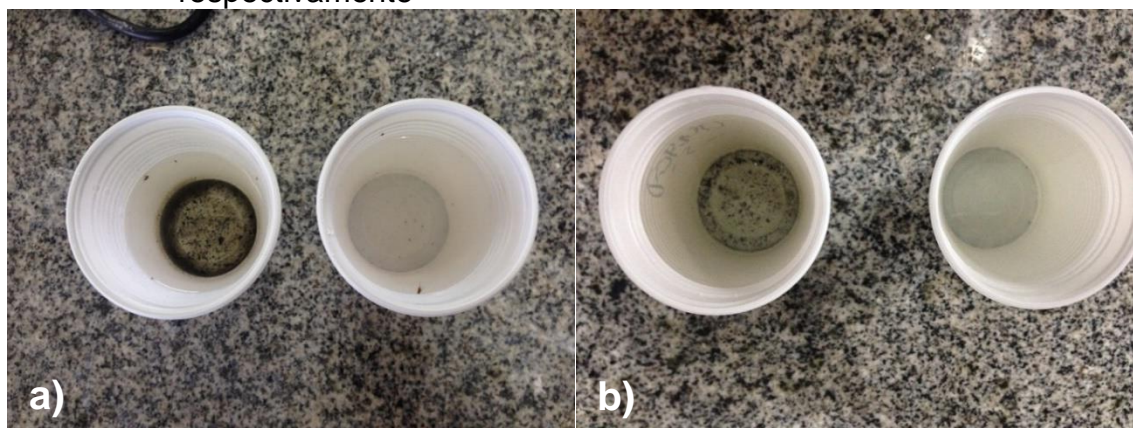
Por segurança optou-se por não simular o reúso do efluente em 100%, não só pelo fato de que o efluente é gerado numa taxa menor do que a necessidade de água no processo industrial, mas também pelo fato de que a água de diluição “ameniza” as alterações que ocorrem no efluente bruto.

Portanto, como forma de garantir melhor qualidade ao produto final e assegurar a recarga de água necessária ao processamento, decidiu-se por utilizar até 80% de efluente composto diluído nos experimentos de simulação.

As figuras 16, 17 e 18 apresentam as amostras comparativas com as porcentagens de efluente composto diluído, de modo a permitir uma discussão mais prática sobre os testes realizados.



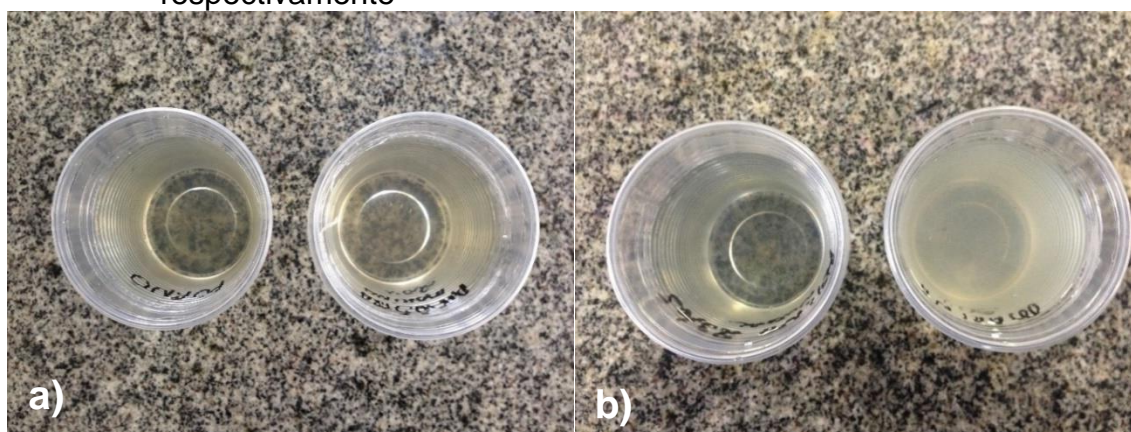
Figura 16 – a) Amostra 01 – silicato vítreo dissolvido em água tratada, e em 5% de efluente composto, respectivamente; e b) Amostra 02 – silicato vítreo dissolvido em água tratada, e em 10% de efluente composto, respectivamente



Fonte: A autora, 2014

Visualmente, é possível observar a existência de material decantado nas amostras 01 e 02 referentes a dissolução com água tratada. Isto pode ser explicado, pelo fato de haver impurezas na amostra de silicato vítreo utilizado, e levando em consideração que a primeira etapa do teste consistiu em dissolver o silicato com água tratada, a repetição da dissolução com efluente composto diluído pode ter permitido a “retirada” destas impurezas. Vale dizer, que mesmo que as impurezas persistam, o produto final passa por um filtro prensa para separação destas. Sendo assim, pode-se dizer que a condição observada não é considerável, no que diz respeito à qualidade do produto.

Figura 17 – a) Amostra 3 – silicato vítreo dissolvido em água tratada, e em 20% de efluente composto, respectivamente; e b) Amostra 4 – silicato vítreo dissolvido em água tratada, e em 50% de efluente composto, respectivamente



Fonte: A autora, 2014

Figura 18 – Amostra 5 – silicato vítreo dissolvido em água tratada, e em 80% de efluente composto, respectivamente



Fonte: A autora, 2014

Já na amostra 04 com silicato dissolvido em 50% de efluente composto e nos dois casos da amostra 05, nota-se a presença de turbidez, que pode ser explicada devido a amostra de efluente utilizada ter apresentado coloração esbranquiçada no dia da coleta, e pelo aspecto opaco da amostra de silicato vítreo utilizado, respectivamente.

Também deve-se levar em consideração que a amostra 03 teve sua diluição em 20% de efluente composto, enquanto que a amostra 04 subiu a quantidade para 50%, ou seja, a diluição mais que dobrou. Um dos parâmetros analisados no efluente, e que é um dos grandes responsáveis pela turbidez, foi a presença de sólidos suspensos totais, onde a concentração observada foi de  $202\text{mg.L}^{-1}$ . Neste caso, pode-se dizer houve uma relação direta entre o aumento da diluição do efluente composto e a presença de turbidez, sendo este um fator a ser considerado, mas que ainda assim não inviabiliza o uso pretendido do silicato, visto que os parâmetros de interesse são a relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$  e densidade.

As amostras que melhor se assemelharam à comparada, foram a 03 e 05, levando a conclusão de que visualmente, os testes não tiveram relação direta com o aumento da porcentagem de efluente utilizada.

De forma a discutir com base em valores, a tabela 4 apresenta os resultados comparativos das análises da relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$  para todas as amostras.

Tabela 4 – Resultado comparativo das análises da “panela de pressão” com água tratada e porcentagens de efluente composto diluído

Amostra	Condição	SiO <sub>2</sub> (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	Relação SiO <sub>2</sub> : Na <sub>2</sub> O (adimensional)
Amostra 01	Com água tratada	25,45	12,45	2,04
	Com 5% efluente diluído	32,11	15,38	2,08
Amostra 02	Com água tratada	20,45	9,18	2,22
	Com 10% efluente diluído	16,27	7,27	2,23
Amostra 03	Com água tratada	21,46	10,05	2,14
	Com 20% efluente diluído	27,78	13,08	2,12
Amostra 04	Com água tratada	23,86	11,43	2,09
	Com 50% efluente diluído	23,79	11,54	2,06
Amostra 05	Com água tratada	23,45	10,90	2,15
	Com 80% efluente diluído	24,28	11,20	2,17

Fonte: A autora, 2014

Antes de iniciar a discussão acerca dos valores obtidos, é preciso entender o significado dos termos dióxido de silício, óxido de sódio, relação entre estes dois compostos, e o que ambos dizem a respeito do silicato de sódio produzido.

Conforme explicado no referencial deste trabalho, as matérias-primas carbonato de sódio e areia silicosa se fundem para gerar o silicato vítreo, o qual é submetido ao processo de autoclave, formando o silicato de sódio líquido, produto final do processo.

A análise da relação SiO<sub>2</sub>:Na<sub>2</sub>O busca determinar a quantidade de hidróxido de potássio e ácido clorídrico consumidos durante o experimento, de modo a determinar, por cálculos padrões, a concentração de dióxido de silício e óxido de sódio presentes, os quais por sua vez, determinarão a relação existente entre esses dois componentes. A relação SiO<sub>2</sub>:Na<sub>2</sub>O, também conhecida como módulo de sílica, vai indicar o tipo de produto produzido e sua aplicação final.

Segundo os funcionários do Laboratório, os silicatos produzidos pela indústria química em questão são os chamados neutros e alcalinos, sendo a frente de produção atual os silicatos alcalinos, de relação 2,10 a 2,20. Entretanto, a variação permitida pelo Laboratório de Controle de Qualidade se restringe ao intervalo de 2,15 a 2,17. Somente após atender à este intervalo, o silicato é descarregado e enviado ao cliente.

Como anteriormente citado, não há uma uniformização no processo de produção do silicato vítreo, levando esta falha a formação de silicatos líquidos variados em sua relação SiO<sub>2</sub>:Na<sub>2</sub>O. Mesmo utilizando-se a mesma amostra de silicato vítreo para os testes comparativos da “panela de pressão”, nota-se uma

variação entre os valores, que chegam a 0,04 na amostra 01. Naturalmente, de acordo com os funcionários, é usual e aceitável variações como as observadas, e comumente variações maiores nas porcentagens de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Na}_2\text{O}$ , visto que estes dados apenas indicam a substância de maior presença no produto, devendo sempre ser o dióxido de silício.

Desta maneira, para atingir o intervalo de qualidade, estabelecido pelo Laboratório, aplica-se o método de correção nos tanques de mistura, adicionando-se soda cáustica ( $\text{NaOH}$ ) ou água, para ajuste do módulo de sílica e densidade, respectivamente. Este assunto é melhor abordado no item seguinte.

Conclui-se então, que as condições visuais observadas são inerentes às características do silicato vítreo (impurezas) e do efluente composto (cor/turbidez), sendo estas características aceitáveis do ponto de vista visual, já que as impurezas podem ser retiradas no filtro prensa, e a turbidez não é considerada um parâmetro de qualidade do produto. As variações nos valores da análise da relação, além de corriqueiras na área em estudo, são aceitáveis em termos práticos, não sendo um problema a ser considerado no reúso do efluente composto e sim, na formulação do silicato vítreo, no processo produtivo. Já as variações da relação existentes entre as duas condições de cada amostra são o que interessam para a reutilização, e de acordo com os funcionários do Laboratório, as oscilações observadas são permissíveis e muitas vezes inerentes à análise e à própria amostra utilizada. Isto significa dizer, que mesmo com 80% de efluente diluído, é possível dissolver o silicato vítreo e manter as características pretendidas ao produto desejado.

#### **4.3.4 Tratamento e Destinação Final**

A necessidade de tratamento do efluente composto se restringiu aos resultados obtidos nos testes de viabilidade de reúso e, mais especificamente, nos testes práticos da “panela de pressão”.

O módulo de sílica e a densidade se relacionam de forma indireta, onde as relações mais baixas representam soluções de silicato com densidades mais altas, por possuírem tempo de solubilização mais rápido; e silicatos de sódio com relações mais altas são produzidas com densidades mais baixas, por possuírem tempo de solubilização mais lento.



Desta forma, apesar de apresentarem variações nos resultados da relação, estas foram consideradas normais do ponto de vista prático, já que após enviados aos tanques de mistura, os silicatos de sódio podem ser corrigidos, ou pela densidade ou pela relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$ . A adição de soda cáustica ( $\text{NaOH}$ ) diminui o módulo de sílica, e a adição de água diminui a densidade.

O tratamento do efluente é então desprezado, ficando apenas a sugestão da realização de monitoramentos periódicos para os parâmetros analisados na viabilidade do reúso – cálcio, sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos sedimentáveis totais (SST), sólidos suspensos (SS) e sólidos totais (ST), além do pH.

Outro ponto a ser considerado é o de que os reservatórios de armazenamento servem, também, como tanques de decantação, já que o efluente ali acondicionado permanece em repouso, propiciando a precipitação dos sólidos presentes. Neste caso, sugere-se que sejam feitas limpezas periódicas, tanto na canaleta de coleta, quanto no sistema de armazenamento, de modo a retirar os sólidos decantados e destiná-los adequadamente. De modo complementar, pode-se realizar a coleta de uma amostra do precipitado, afim de caracterizá-lo e submetê-lo a propostas de reaproveitamento e tratamento, se aplicáveis.

Considerando que o destino final do efluente composto será o processo produtivo, mais especificamente a autoclave, é importante salientar que a operacionalização deve ser feita de forma controlada e monitorada, de modo a interferir o reúso quando observada qualquer alteração nos parâmetros estabelecidos.

#### 4.4 APLICAÇÕES PARA A SEGUNDA VERTENTE

Do mesmo modo como para os resíduos da primeira vertente, este item tem como objetivo abordar as fases seguintes ao inventário, que possuem concordância à segunda vertente de resíduos químicos estabelecida neste trabalho, ou seja, aqueles resíduos gerados nas atividades não rotineiras do Laboratório de Controle de Qualidade, representadas pelas análises de formulação de novos aditivos e produtos para o ramo cerâmico.

#### 4.4.1 Minimização

Da mesma forma que os resíduos da primeira vertente, optou-se, primeiramente, pela padronização do número de análises “testes”. Entretanto, também foi verificada sua inviabilidade, visto que a formulação de novos aditivos e produtos depende de variantes externas, que não são possíveis de controlar internamente. Já o reaproveitamento destes resíduos foi discutido juntamente com os funcionários do Laboratório e levantados mais a frente.

#### 4.4.2 Segregação

A segregação aplicada definiu as classes de segregação adequadas aos tipos de resíduos gerados.

Como embasamento, utilizaram-se as classes de segregação adotadas pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP e Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, encontradas em Figuerêdo (2006), apresentadas no quadro 6.

Quadro 6 – Classes de segregação adotadas pela Universidade Estadual de Campinas e Universidade Federal de São Carlos.

Classes de Segregação	
UNICAMP	UFSCar
Ácidos	Ácidos
Bases	Bases
Oxidantes	Soluções Aquosas com Metais Pesados
Redutores	Solventes Halogenados
Solventes Halogenados	Solventes Não Halogenados
Solventes Não Halogenados	Solventes Mercúrio e Seus Compostos
Aminas	Solução Sulfocrômica
Resíduos Aquosos com Metais Pesados	Solventes Orgânicos ou Inorgânicos com Pesticidas
Resíduos Aquosos sem Metais Pesados	Fungicidas e Praguicidas
Resíduos com Pesticidas e Herbicidas	Anilina
Misturas	Piridina
Sólidos Perigosos (com metais pesados, sem metais pesados, peróxidos orgânicos, sólidos orgânicos com metais pesados, outros sais segregados uns dos outros)	Óleos
Óleos Especiais	Graxas e Lubrificantes
Outros (tintas, vernizes, resinas diversas, óleos de bomba de vácuo, fluídos hidráulicos, etc, segregados uns dos outros)	Resíduos de Banhos Eletrolíticos
Desconhecidos	

Fonte: FIGUERÊDO, 2006

Sabe-se, que dependendo dos resíduos gerados, as classes de segregação se modificam e se adequam à realidade da unidade geradora, e levando em consideração a alta variação na composição dos materiais residuais e suas proporções, definiu-se, em conjunto com os funcionários, as seguintes classes aplicáveis:

- Misturas em geral;
- Misturas contendo solventes; e
- Misturas contendo resinas.

Nota-se, que todas as classes constituem-se de misturas, já que os resíduos gerados são compostos por variados tipos de reagentes e produtos, com as mais diversas proporções.

Resinas e solventes, além de serem aplicados com mais frequência nas análises testes, possuem meios de reaproveitamento externo conhecidos, o que propicia sua segregação. O restante dos reagentes e produtos utilizados constituem-se por altas variações e poucas quantidades, não sendo viável sua segregação e reaproveitamento externo, sendo estes destinados em aterros Classe I.

#### **4.4.3 Acondicionamento**

Definidas as três classes de segregação para os resíduos da segunda vertente, foi possível estabelecer as embalagens de acondicionamento, levando em consideração a compatibilidade das substâncias contidas e o volume gerado.

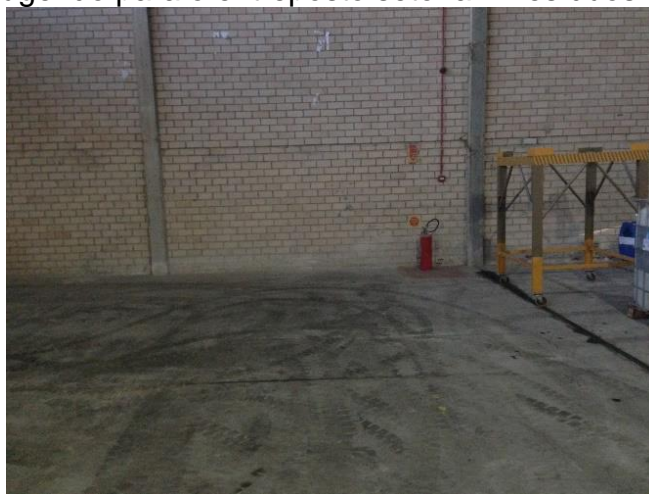
Além dos requisitos citados, algumas recomendações são válidas na escolha das embalagens, como: o recolhimento do resíduo deve ocorrer ao menos uma vez ao ano, devendo a embalagem conter o volume apropriado para a geração de cada classe; aplicação de bandejas de contenção sob as embalagens, em casos de vazamento ou derramamentos; compatibilidade das substâncias contidas em relação ao material da embalagem e volume da embalagem compatível ao tamanho da área de armazenamento (INSTITUTO DE QUÍMICA DA USP, 2013). Se cumpridas previamente, tais condições evitarão transtornos futuros e inviabilidades operacionais.

Pela pequena quantidade gerada, optou-se por embalagens de armazenamento de 5 litros, as quais serão diferenciadas por rótulos apresentados no

item a seguir. O material escolhido para os quatro modelos foi o polietileno, usualmente utilizado e compatível com as substâncias geradas.

O local sugerido como entreposto setorial pode ser verificado na figura 19, o qual já possui a finalidade de armazenar os produtos químicos do processo industrial, possuindo os requisitos ideais de acondicionamento. Salienta-se a importância do local ser identificado e delimitado por portas restritivas.

Figura 19 – Local sugerido para o entreposto setorial – resíduos químicos



Fonte: A autora, 2014

#### **4.4.4 Identificação**

Os produtos químicos presentes na área em estudo já chegam com a rotulagem adequada e conforme normas específicas, sendo a identificação aplicável somente aos resíduos químicos segregados.


Com as embalagens adquiridas, o primeiro passo é a aplicação da etiqueta de identificação, de forma a caracterizar o resíduo químico e evitar possíveis contaminações por descartes inadequados.

O modelo criado (figura 20) utilizou como embasamento as informações indicadas pela NBR 16725/2011, que trata da rotulagem dos produtos químicos, e normatiza a elaboração da Ficha com dados de segurança de resíduos químicos – FDSR a qual deve ser elaborada por profissional capacitado, afim de documentar as informações que não comprometam a saúde e a segurança dos usuários e a proteção do meio ambiente.

Figura 20 – Modelo de identificação adotado para os resíduos químicos perigosos

ESPAÇO PARA DADOS DA EMPRESA (NOME, CNPJ, ENDEREÇO, CONTATO)			Logo da empresa
<b>RESÍDUO QUÍMICO (COLOCAR CLASSE DE SEGREGAÇÃO DEFINIDA)</b>			
Composição (listar todas as substâncias; não abreviar e não usar fórmulas)	Quantidade ou Concentração (mL, L, mg, g, kg)	% aproximada	Data de Descarte

Data abertura:	
Data encerramento:	
Responsável:	
Unidade geradora:	
Telefone:	
Telefone de Emergência:	

Frases de Precaução	■ ■ ■
------------------------	-------------

“A Ficha com dados de Segurança de Resíduos deste resíduo químico perigoso pode ser por meio de (adicionar o endereço eletrônico, telefone, contato do gerador)”

Fonte: A autora, 2014

O modelo contém informações sobre o resíduo, sua composição, data de descarte, periculosidade (Diagrama de *Hommel*), dados da empresa, contato do gerador, frases de precaução e demais espaços para complementação.

#### 4.4.5 Tratamento e destinação final

Retomando aos passivos existentes, recomenda-se o envio da bombona de resíduos químicos para indústria de reciclagem de solventes, já que de acordo com o gerador, há a presença desta substância, e sendo o reaproveitamento a estratégia priorizada neste caso. Para as resinas e silicones com validade ultrapassada, indica-se o envio para indústrias químicas fabricantes de produtos que levam estas substâncias em sua composição, as quais podem ser reaproveitadas no processo de produção.

Com a proposta do PGRQ implantado, os resíduos segregados serão controlados qualitativa e quantitativamente em suas classes de segregação, visto que as mesmas constituem-se em misturas. Para a classe de misturas em geral, após acondicionada a quantidade necessária e registradas as informações de cada descarte, será possível identificar as substâncias presentes no resíduo e assim direcionar o tipo de tratamento ou destinação final. Vale destacar, que pela pouca quantidade gerada, fica inviável realizar qualquer tipo de tratamento interno, sendo priorizados o reaproveitamento externo, e em ausência de opções, a destinação em aterro Classe I.

A classe de segregação de misturas contendo solventes terá como destino sugerido, o envio para indústria de reciclagem de solventes, atendendo a hierarquia de priorização no gerenciamento de resíduos e as opções existentes – mesmo destino da bombona com passivo.

E por fim, a classe de segregação de misturas contendo resinas terá como fim o mesmo sugerido para as resinas vencidas, respeitando também a hierarquia do gerenciamento de resíduos, e servindo como destino padrão sempre que este tipo de resíduo for gerado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Laboratório de Controle de Qualidade da indústria química em questão, apesar de realizar poucas análises rotineiras em seu plano de atividades, contribui de forma significativa na geração de resíduos químicos, sendo cerca de 36.000 L/mês apenas para as análises de qualidade do produto produzido e matéria-prima utilizada. As atividades geradoras são representadas pelas análises da relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$ , para o silicato líquido, e determinação da porcentagem de sódio, para o carbonato de sódio, matéria prima na produção do silicato.

A proposta de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos – PGRQ surge exatamente para estabelecer formas de manejo para os materiais residuais, indicando ações de reaproveitamento e destinação final adequadas com base nas particularidades da área em estudo. O auxílio e colaboração dos funcionários do setor propiciaram o direcionamento destas ações e possibilitaram a determinação de grande parte das conclusões deste trabalho.

Em princípio, observou-se a existência de duas vertentes de geração de resíduos químicos, os quais foram trabalhados separada ou concomitantemente no decorrer das etapas da proposta.

A primeira vertente foi trabalhada com vistas ao reaproveitamento do resíduo no próprio processo produtivo do silicato de sódio, a partir da sua diluição no efluente gerado no Laboratório, composto pela lavagem das vidrarias e piso do setor.

Para que fosse possível analisar a viabilidade de reúso, foram realizados o monitoramento do pH do efluente composto (resíduo e efluente), além da análise de parâmetros complementares, estabelecidos pelos funcionários do Laboratório de acordo com as possíveis implicações na qualidade do produto, sendo estes: a presença de cálcio e sólidos (dissolvidos totais, sedimentáveis, suspensos totais e totais), realizados em laboratório externo.

Para se estabelecer a porcentagem máxima de reutilização, foram realizados testes que simulassem a etapa em que o efluente composto entraria no processo produtivo, ou seja, a autoclave. A simulação, já realizada no Laboratório para análise da dissolução do silicato vítreo, utiliza a “painel de pressão” como simulador, submetendo amostras de silicato vítreo a dissolução com água tratada e posteriormente com porcentagens de efluente composto diluído.

Os testes comparativos consideram o uso de 5, 10, 20, 50 e 80% de efluente composto diluído, onde as amostras eram resignadas às análises da relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$ , responsável por determinar o tipo de silicato produzido e sua composição.

Os resultados foram aceitáveis e satisfatórios para os funcionários da empresa, e apesar de apresentarem características observadas visualmente e variações de até 0,04 na relação  $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$ , essas são decorrentes de impurezas presentes na amostra utilizada e estas decorrentes da não uniformidade na formulação do silicato vítreo, que por sua vez acaba gerando silicatos líquidos de composições variadas de dióxido de silício e óxido de sódio. Ou seja, mesmo com 80% de reúso, o produto mantém suas características e uso pretendido. Vale ressaltar, que para ajuste da relação ou densidade, a empresa utiliza o método de correção, adicionando-se soda cáustica (NaOH) ou água nos tanques de mistura, respectivamente.

Numérica e supostamente falando, considerando-se 80% de reúso apenas para os resíduos gerados mensalmente (sem contemplar a vazão do efluente do Laboratório), tem-se um total de 28.800 litros reaproveitáveis. Se cada batelada de produção consomem 4.000 litros de água, pode-se dizer que mensalmente, cerca de sete bateladas de produto podem ser produzidos unicamente pelos resíduos da primeira vertente. É evidente que esta suposição não ocorreria na prática, já que o reúso dos resíduos *in natura* inviabilizaria tal estratégia. Porém, serve como forma de visualizar os benefícios econômicos, já que a água utilizada pela empresa é oriunda de poço artesiano e, por apresentar altos níveis de cálcio, passa por um processo de osmose, o qual necessita de constante manutenção e por sua vez, gera um significativo gasto para a empresa.

A segunda vertente, por ser representada pelas análises não rotineiras, seguiu uma linha diferenciada, contemplando as etapas de segregação, acondicionamento e identificação, já que sua geração é variada qualitativa e quantitativamente, não sendo possível apontar uma solução aplicável internamente.

Em conjunto com os funcionários do Laboratório e levando em consideração a alta variação na composição dos materiais residuais e suas proporções, foram definidas três classes de segregação, sendo elas: misturas em geral, misturas contendo resinas e misturas contendo solventes. Embora as classes escolhidas sejam representadas por misturas, após implantado o PGRQ, um



controle dos descartes deverá ser feito, de modo a identificar as substâncias com maior quantidade presente e assim, sugerir meios de reaproveitamento ou destinação final. No caso das misturas contendo solvente e resinas, estas já possuem opção de destinação citadas no presente trabalho.

De forma geral, a proposta apresentada conseguiu contemplar os níveis de hierarquia para o gerenciamento de resíduos, apontando soluções práticas para os materiais residuais da primeira vertente, devendo a sua operacionalização considerar métodos de controle e monitoramento, para que o sistema de reúso seja paralisado quando observadas inconformidades ou limitações; e indicando ações de melhoria no que diz respeito ao manejo dos resíduos da segunda vertente, que mesmo sendo variados em sua composição, quantidade e geração, necessitam de um gerenciamento correspondente às suas peculiaridades.

Como sugestão à operacionalização do reúso, indica-se o controle do sistema, por meio de análises de cálcio, sólidos e pH, com vistas a paralização do mesmo em casos de inconformidades ou limitações; assim como ações de melhoria do sistema de armazenamento do efluente composto, por meio de isolamento externo; e caracterização do material decantado nos reservatórios, já que o efluente coletado permanece em repouso durante sua acumulação, permitindo que os sólidos ali presentes precipitem e formem um material com características desconhecidas.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Rosini Nascimento de et al. A problemática dos resíduos sólidos urbanos. **Interfaces Científicas – Saúde e Ambiente**, Aracaju, v. 2, n. 1, p. 25-36, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br>>. Acesso em: 15 abr. 2014.
- ABNT. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004. 3 p.
- ABNT. **NBR 10006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.
- ABNT. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004. 21 p.
- ABNT. **NBR 11174**: Armazenamento de resíduos classes II – não inertes e III - inertes. Rio de Janeiro, 1990. 7 p.
- ABNT. **NBR 12235**: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro, 2004. 14 p.
- ABNT. **NBR 14725**: Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente Parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro, 2009. 9 p.
- ABNT. **NBR 14725**: Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente Parte 2: Sistema de classificação de perigo. Rio de Janeiro, 2009. 98 p.
- ABNT. **NBR 14725**: Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente Parte 3: Rotulagem. Rio de Janeiro, 2009. 33 p.
- ABNT. **NBR 16725**: Resíduo químico – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente – Ficha com dados de segurança de resíduos químicos (FDSR) e rotulagem. 1 ed. Rio de Janeiro, 2011. 16 p.
- BENDASSOLLI, José Albertino. **Apostila II**: normas e procedimentos para implementação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos. Piracicaba: [s.n.], [2011]. Disponível em: <<http://apostilas.cena.usp.br/>>. Acesso em 09 mar. 2014.
- BITTENCOURT, Maralice. **Obtenção e análise morfológica de sílica gel preparada a partir de efluente de processo de fabricação de silicato de sódio**. 2013. 59f. Relatório de Conclusão de Estágio (Graduação) – Curso de Engenharia Química, Universidade do Sul de Santa Catarina, UNISUL, Tubarão.
- BRASIL, Anna Maria; SANTOS, Fátima. **Equilíbrio ambiental & resíduos na sociedade moderna**. São Paulo: FAARTE, 2007.

BRASIL, João Batista de Freitas. **Gerenciamento de resíduos químicos perigosos em uma instituição de ensino e pesquisa**: estudo de caso: Universidade de Brasília – UnB. 2011. 138 f. Dissertação (Pós Graduação) – Planejamento e Gestão Ambiental, Universidade Católica de Brasília, UnB, Brasília. Disponível em: <[http://www.btdt.ucb.br/tede/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1532](http://www.btdt.ucb.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1532)>. Acesso em: 07 mar. 2014.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 18 de março de 2005. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf)>. Acesso em: 02 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA Resolução nº. 430, de 13 de maio de 2011: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. Brasília: **Diário Oficial da União**, 16 de maio de 2011. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646)>. Acesso em: 28 out. 2013.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 23 de julho de 2008. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/D6514.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/D6514.htm)>. Acesso em: 05 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 03 de agosto de 2010. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 10 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. Lei nº 6.905, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras. Brasília: **Diário Oficial da União**, 13 de fevereiro de 1998. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm)>. Acesso em: 05 abr. 2014.

CABRAL, Eduardo. **Considerações sobre resíduos sólidos**. [S.l.]: [s.n.], [20--]. 41 f. Disponível em: <<http://www.deecc.ufc.br/Download>>. Acesso em: 22 abr. 2014.

CAMPANI, Darci Barnech et al. Gestão ambiental de resíduos na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). In: CONTO, S. M. de (Org.). **Gestão de resíduos em universidades**. Caxias do Sul: EducS, 2010. p. 87-114.

CAVALCANTI, José Eduardo. **A década de 90 é dos resíduos sólidos**. 2004. Disponível em: <<http://www.riosvivos.org.br/Noticia/A+decada+de+90+e+dos+residuos+solidos/3223>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

DIAS, Sandra Maria Furiam; VAZ Luciano Mendes Souza; CAMPOS, Aurea Chateaubriand Andrade. Gestão de resíduos sólidos para sociedades sustentáveis (GRSSS) na Universidade Estadual de Feira de Santana (BA): história, desafios e perspectivas. In: CONTO, S. M. de (Org.). **Gestão de resíduos em universidades**. Caxias do Sul: Educs, 2010. p. 248 - 269.

DONHA, Mauro Siqueira. **Conhecimento e participação da comunidade no sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos: o caso de Marechal Cândido Rondon – PR**. 2002. 113f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis.

FIGUERÊDO, Débora Vallory. **Manual para gestão de resíduos químicos perigosos de instituições de ensino e de pesquisa**. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química de Minas Gerais, 2006. 363 p.

GERBASE, Annelise E. et al. Gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, jan/fev. 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422005000100001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000100001)>. Acesso em: 09 mar. 2014.

GIL, Eric de Souza et al. Aspectos técnicos e legais do gerenciamento de resíduos químicos farmacêuticos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 19-29, jan/mar. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcf/v43n1/02.pdf>>. Acesso em: 08/Mar/2014.

INSTITUTO DE QUÍMICA DA USP. **Gerenciamento de Resíduos Químicos: Parte I: Gerenciamento de Resíduos - Bloco 3**. 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=MZqQqN7o1nl>>. Acesso em: 08 maio 2014.

JARDIM, Wilson de Figueiredo. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 5, p. 671-673, set/out. 1998. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40421998000500024](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421998000500024)>. Acesso em: 09 mar. 2014.

JARDIM, Wilson de Figueiredo. **Gerenciamento de resíduos químicos**. Campinas, São Paulo: [s.n.], [2002]. 19 p. Disponível em: <<http://lqa.iqm.unicamp.br/pdf/LivroCap11.PDF>>. Acesso em: 09 mar. 2014.

KRASILCHIK, M. Educação ambiental na escola brasileira – passado, presente e future. **Ciência e Cultura**, Rio de Janeiro, v.38, n.12, p. 1958-1961, 1986 apud

BENDASSOLLI, J. A. **Apostila II: normas e procedimentos para implementação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos**. Piracicaba, São Paulo: [s.n.], [2011]. Disponível em: <<http://apostilas.cena.usp.br/>>. Acesso em 09 mar. 2014.

LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – SÃO CARLOS – UFSCar. **Rotulagem**. [20--]. Disponível em: <<http://www.ccsc.usp.br/residuos/rotulagem/>>. Acesso em: 20 de abr. De 2014.

MACHADO, Adélio A. S. C. Química verde: uma mudança sistêmica da química. **Revista Química Industrial**. Rio de Janeiro, ano 79, n. 730, p. 12-16, jan/mar. 2011. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/rqi/Edicao-730.html>>. Acesso em 18 abr. 2014.

MARTINI JUNIOR, Luiz Carlos de; FIGUEIREDO, Marco Antonio Gaya de; GUSMÃO, Antônio Carlos Freitas de. **Redução de resíduos industriais: como produzir mais com menos**. Rio de Janeiro: Fundação BioRio: Aquarius, 2005.

NOGUEIRA, Ana Rita de Araújo, AMEIDA, Luciana Corrêa de, GONZALEZ, Mário Henrique. **Gerenciamento de resíduos dos laboratórios da Embrapa Pecuária Sudeste**. São Carlos – Bahia: Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos - DQ/UFSCar, Embrapa, [20--]. Disponível em: <<http://www2.cppse.embrapa.br/050pesquisa/laboratorio-de-tratamento-de-residuos-quimicos/artigoforum.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

NUDELMAN, Norma Ethel Sbarbati. A Química Sustentável. **Revista de Química Industrial**, Rio de Janeiro, ano 78, n. 727, p 18-21, mai/ago 2010. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/rqi/Edicao-727.html>>. Acesso em: 07 mar. 2014.

ORLOFF, K.; FALK, H. An international perspective on hazardous wastes practices. **Int J Environ Health Perspective**, n. 206, p.291-302, 2003 apud SILVA, A. R. et al. Gerenciamento de resíduos químicos na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo. In: CONTO, S. M. de (Org.). **Gestão de resíduos em universidades**. Caxias do Sul: EducS, 2010. p. 185-206.

P&Q. **Sodium and Potassium Silicates**. Disponível em: <[http://www.pqcorp.com/portals/1 /lit/bulletin\\_17-70.pdf](http://www.pqcorp.com/portals/1 /lit/bulletin_17-70.pdf)> apud BITTENCOURT, Maralice. **Obtenção e análise morfológica de sílica gel preparada a partir de efluente de processo de fabricação de silicato de sódio**. 2013. 59f. Relatório de Conclusão de Estágio (Graduação) – Curso de Engenharia Química, Universidade do Sul de Santa Catarina, UNISUL, Tubarão.

PENATTI, Fabio Eduardo; GUIMARÃES, Solange T. Lima.; SILVA, Paulo Marcos da. **Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de análises e pesquisa: o desenvolvimento do sistema em laboratórios da área química**. Anais do IV Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. IV, 2008. Disponível em: <[http://www.fsp.usp.br/siades/documentos/Publicacoes/artigo\\_9f.pdf](http://www.fsp.usp.br/siades/documentos/Publicacoes/artigo_9f.pdf)>. Acesso em: 07 mar. 2014.

PREZOTTO, Paola Pauletti. **Elaboração de um programa de gerenciamento integrado de resíduos químicos para os laboratórios de ensino e pesquisa do departamento de química da UFSC**. Florianópolis: [s.n.], 2010. Disponível em: <[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/96767/Paola\\_Pauletti\\_Prezotto.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/96767/Paola_Pauletti_Prezotto.pdf?sequence=1)>. Acesso em 19 abr. 2014.

ROCCA, A.C.C. *et. al.* **Resíduos sólidos industriais**. São Paulo: CETESB, 1993 apud PENATTI, F. E.; GUIMARÃES, S. T. L.; SILVA, P. M. da. **Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de análises e pesquisa: o desenvolvimento do sistema em laboratórios da área química**. Anais do IV Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. IV, 2008. Disponível em: <[http://www.fsp.usp.br/siades/documentos/Publicacoes/artigo\\_9f.pdf](http://www.fsp.usp.br/siades/documentos/Publicacoes/artigo_9f.pdf)>. Acesso em: 07 mar. 2014.

SANTA CATARINA. Decreto nº 14.250, de 5 de junho de 1981. Regulamenta dispositivos da Lei nº 5.793, de 5 de junho de 1980, referentes à Proteção e a Melhoria da Qualidade Ambiental. Florianópolis: **Diário Oficial de Santa Catarina**, 09 de junho de 1981 Disponível em <[http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/lei\\_decreto\\_14.2501981\\_15631.pdf](http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/lei_decreto_14.2501981_15631.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2014.

SANTOS, Flavia Ferreira de Souza dos. **Implantação do Plano de Gestão de Resíduos Químicos da FT – UNICAMP: oxidação de herbicidas triazínicos com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e metaloporfirinas**. 2011. 92 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Limeira, São Paulo. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000790420>>. Acesso em: 08 mar. 2014.

SILVA, Arthur Roberto et al. Gerenciamento de resíduos químicos na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo. In: CONTO, S. M. de (Org.). **Gestão de resíduos em universidades**. Caxias do Sul: Educs, 2010. p. 185-206.

TAVARES, Glauco Arnold; BENDASSOLLI, José Alberguini. Implantação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos e Águas Servidas... **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 732-738, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422005000400031&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422005000400031&script=sci_arttext)>. Acesso em: 08 mar. 2014.

TORSELLO, André. **Agenda 21**. [S.l]: Fundação Tropical e Pesquisas e Tecnologia, 1998 apud BRASIL, J. B. de F. **Gerenciamento de resíduos químicos perigosos em uma instituição de ensino e pesquisa: estudo de caso: Universidade de Brasília – UnB**. 2011. 138 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) – Universidade Católica de Brasília, Brasília. Disponível em: <[http://www.bdttd.ucb.br/tede/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1532](http://www.bdttd.ucb.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1532)>. Acesso em: 07 mar. 2014.

**ANEXO(S)**

**ANEXO A – Descrição das características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade - ABNT NBR 10004:2004.**



#### 4.2.1.1 Inflamabilidade

Um resíduo sólido é caracterizado como inflamável (código de identificação D001), se uma amostra representativa dele, obtida conforme a ABNT NBR 10007, apresentar qualquer uma das seguintes propriedades:

- a) ser líquida e ter ponto de fulgor inferior a 60°C, determinado conforme ABNT NBR 14598 ou equivalente, excetuando-se as soluções aquosas com menos de 24% de álcool em volume;
- b) não ser líquida e ser capaz de, sob condições de temperatura e pressão de 25°C e 0,1 MPa (1 atm), produzir fogo por fricção, absorção de umidade ou por alterações químicas espontâneas e, quando inflamada, queimar vigorosa e persistentemente, dificultando a extinção do fogo;
- c) ser um oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio e, como resultado, estimular a combustão e aumentar a intensidade do fogo em outro material;
- d) ser um gás comprimido inflamável, conforme a Legislação Federal sobre transporte de produtos perigosos (Portaria nº 204/1997 do Ministério dos Transportes).

#### 4.2.1.2 Corrosividade

Um resíduo é caracterizado como corrosivo (código de identificação D002) se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades:

- a) ser aquosa e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou, superior ou igual a 12,5, ou sua mistura com água, na proporção de 1:1 em peso, produzir uma solução que apresente pH inferior a 2 ou superior ou igual a 12,5;

- 
- b) ser líquida ou, quando misturada em peso equivalente de água, produzir um líquido e corroer o aço (COPANT 1020) a uma razão maior que 6,35 mm ao ano, a uma temperatura de 55°C, de acordo com USEPA SW 846 ou equivalente.

#### 4.2.1.3 Reatividade

Um resíduo é caracterizado como reativo (código de identificação D003) se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades:

- a) ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar;
- b) reagir violentamente com a água;
- c) formar misturas potencialmente explosivas com a água;
- d) gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde pública ou ao meio ambiente, quando misturados com a água;
- e) possuir em sua constituição os íons  $\text{CN}^-$  ou  $\text{S}^{2-}$  em concentrações que ultrapassem os limites de 250 mg de HCN liberável por quilograma de resíduo ou 500 mg de  $\text{H}_2\text{S}$  liberável por quilograma de resíduo, de acordo com ensaio estabelecido no USEPA - SW 846;
- f) ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante sob a ação de forte estímulo, ação catalítica ou temperatura em ambientes confinados;
- g) ser capaz de produzir, prontamente, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25°C e 0,1 MPa (1 atm);
- h) ser explosivo, definido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, através de explosão ou efeito pirotécnico, esteja ou não esta substância contida em dispositivo preparado para este fim.

#### 4.2.1.4 Toxicidade

Um resíduo é caracterizado como tóxico se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades:

- a) quando o extrato obtido desta amostra, segundo a ABNT NBR 10005, contiver qualquer um dos contaminantes em concentrações superiores aos valores constantes no anexo F. Neste caso, o resíduo deve ser caracterizado como tóxico com base no ensaio de lixiviação, com código de identificação constante no anexo F;
- b) possuir uma ou mais substâncias constantes no anexo C e apresentar toxicidade. Para avaliação dessa toxicidade, devem ser considerados os seguintes fatores:
  - natureza da toxicidade apresentada pelo resíduo;
  - concentração do constituinte no resíduo;
  - potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para migrar do resíduo para o ambiente, sob condições impróprias de manuseio;
  - persistência do constituinte ou qualquer produto tóxico de sua degradação;
  - potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para degradar-se em constituintes não perigosos, considerando a velocidade em que ocorre a degradação;
  - extensão em que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, é capaz de bioacumulação nos ecossistemas;
- efeito nocivo pela presença de agente teratogênico, mutagênico, carcinogênico ou ecotóxico, associados a substâncias isoladamente ou decorrente do sinergismo entre as substâncias constituintes do resíduo;
- c) ser constituída por restos de embalagens contaminadas com substâncias constantes nos anexos D ou E;
- d) resultar de derramamentos ou de produtos fora de especificação ou do prazo de validade que contenham quaisquer substâncias constantes nos anexos D ou E;
- e) ser comprovadamente letal ao homem;
- f) possuir substância em concentração comprovadamente letal ao homem ou estudos do resíduo que demonstrem uma  $DL_{50}$  oral para ratos menor que 50 mg/kg ou  $CL_{50}$  inalação para ratos menor que 2 mg/L ou uma  $DL_{50}$  dérmica para coelhos menor que 200 mg/kg.

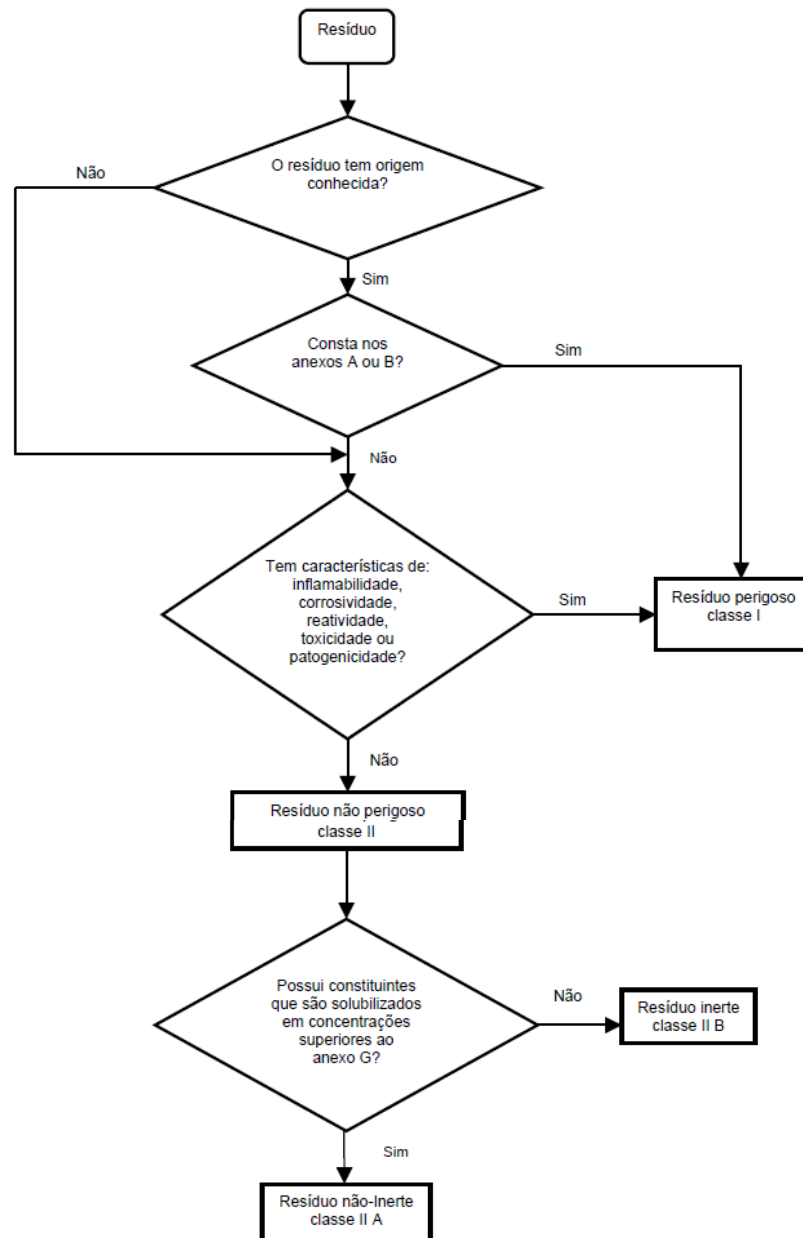
Os códigos destes resíduos são os identificados pelas letras P, U e D, e encontram-se nos anexos D, E e F.

#### 4.2.1.5 Patogenicidade

**4.2.1.5.1** Um resíduo é caracterizado como patogênico (código de identificação D004) se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, contiver ou se houver suspeita de conter, microorganismos patogênicos, proteínas virais, ácido desoxiribonucleico (ADN) ou ácido ribonucleico (ARN) recombinantes, organismos geneticamente modificados, plasmídios, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas capazes de produzir doenças em homens, animais ou vegetais.

**4.2.1.5.2** Os resíduos de serviços de saúde deverão ser classificados conforme ABNT NBR 12808. Os resíduos gerados nas estações de tratamento de esgotos domésticos e os resíduos sólidos domiciliares, excetuando-se os originados na assistência à saúde da pessoa ou animal, não serão classificados segundo os critérios de patogenicidade.

**ANEXO B – Etapas para caracterização e classificação dos resíduos sólidos -  
ABNT NBR 10004:2004**



**ANEXO C – Relatório análises complementares para viabilidade de reúso do  
efluente composto**





Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC  
Laboratório de Águas e Efluentes Industriais – LAEI



## RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 1254/2014

### Dados da Amostra

Data da Coleta: 23/05/2014	Data de Entrada: 23/05/2014	Período de Execução dos Ensaios: 23/05 a 30/05/2014
Cliente: <b>Marina Brino Rabello LTDA</b>		Fone: (48) 9916-2826
Endereço: Rua Almirante Barroso, 399, apto 1202 – Criciúma - SC		
Descrição da Amostra: Efluente laboratório		
Ponto de Coleta: Saída da tubulação		
Coletor: Interessado		Hora da Coleta: 10:00
Código da amostra IPAT/UNESC: N° 88917		

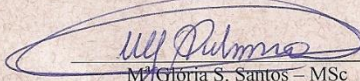
### Resultados das análises solicitadas

Parâmetro	Resultado	Mínimo Detectável	Método Analítico
pH (25°C)	11,4	0,1	Potenciométrico
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	5.821	10	Gravimétrico
Sólidos Sedimentáveis (mg.L <sup>-1</sup> )	< 0,1	0,1	Cone de Imhoff
Sólidos Suspensos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	202	10	Gravimétrico
Sólidos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	6.023	10	Gravimétrico
Cálcio (mg.L <sup>-1</sup> )	1,87	0,01	Espec. Absorção Atômica/Chama

Obs:

\*\*\*\*\*

Criciúma, 30 de maio de 2014.

  
M. Gloria S. Santos – MSc  
CRQ XIII - 13300056  
Responsável Técnico

Os resultados apresentados no presente relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.

Página 1 de 1

Endereço: Rod. Jorge Lacerda, km 4,5, Bairro Sangão, Criciúma, SC  
CEP 88805-350 - Fone/Fax: (48) 3444 – 3722 / 3709

## APÊNDICE

**APÊNDICE A – Questionário elaborado para levantamento de dados a respeito  
do Inventário de Resíduos Químicos**



Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**Pergunta 01:** Quais as análises realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade, sua finalidade e os reagentes utilizados (se possível quantificar o uso)? Importante: citar todas as análises, mesmo que realizadas com pouca frequência.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Pergunta 02:** Onde são descartados os resíduos/efluentes de cada análise (de acordo com a resposta da pergunta 01)?

---

---

---

---

---

**Pergunta 03:** Você acha possível reduzir o consumo de produtos químicos e reagentes nas análises realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade? Justifique.

---

---

---

---

---

---

**Pergunta 04:** Você acha possível padronizar o número de análises realizadas em determinado período? Justifique. Exemplo: análise X: 03 vezes/semana.

---

---

---

---

---

---

---

**Pergunta 05:** Quais formas de **armazenamento** e **segregação** dos **produtos químicos** do Laboratório de Controle de Qualidade você sugeriria?

---

---

---

---

---

---

**Pergunta 06:** Que formas de **destinação**, **aproveitamento** e/ou **reúso** dos **resíduos/efluentes** do Laboratório de Controle de Qualidade você sugeriria?

---

---

---

---

---

---

Espaço para demais sugestões: